LE LAC LÉMAN

PRÉCIS SCIENTIFIQUE

PAR

LE Dr F.-A. FOREL

de Morges

[illegible] de Lausanne

GÉOGRAPHIE,

[illegible], GÉOLOGIE,

MÉTÉOROLOGIE [illegible], CHIMIE

[illegible]

[illegible]

[illegible]

BALE — GENÈVE — LYON

H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR

18[illegible]

(ZML 0374)
ZMLA 974
8°

LE LAC LÉMAN

FOREL, F.-A. *La Faune profonde des lacs suisses.* Mémoire couronné. (Tirage à part des Mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles.) 4°. 1885 . . . . . 12 fr.

DU PLESSIS-GOURET, G. *Essai sur la faune profonde des lacs suisses.* Mémoire couronné. (Tirage à part des Mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles.) 4°. 1885 . . . . . 5 fr.

LUNEL, G. *Les Poissons du lac de Genève et de ses affluents.* In-folio, avec 20 superbes planches en couleurs et retouchées au pinceau. 1874. . 120 fr.

Tiré à 120 exemplaires dont environ 20 pour la vente. Les pierres sont effacées.

BROT, A. *Etude sur les coquilles de la famille des Naïades* qui habitent le bassin du Léman. In-8°, avec 9 planches. 1867 . . . . . 10 fr.

CHEVRIER, F. *Description des Chrysides du bassin du Léman.* In-8°. 1862 . . . . . 3 fr. 75

— *Essai monographique sur les Nyssons du bassin du Léman* (Hyménoptères). In-8°. 1867 . . . 2 fr.

FATIO, V. *Les Campagnols du bassin du Léman.* In-8° avec 6 pl. coloriées. 1872. . . . . 12 fr.

TOURNIER, H. *Description des Dascillides du bassin du Léman.* In-8° avec 4 planches coloriées. 1873 12 fr.

LE LAC LÉMAN

PRÉCIS SCIENTIFIQUE

PAR

LE Dr F.-A. FOREL

de Morges

Professeur à l'Académie de Lausanne

GÉOGRAPHIE,

HYDROGRAPHIE, GÉOLOGIE,

MÉTÉOROLOGIE, PHYSIQUE, CHIMIE

FAUNES, FLORES,

ARCHÉOLOGIE, ETC.

Deuxième édition, revue et augmentée.

BALE — GENÈVE — LYON

H. GEORG, LIBRAIRE-ÉDITEUR

1886

La première édition de cette étude a paru sous le titre de *Notice sur l'histoire naturelle du Lac Léman* dans le volume sur *Montreux* par MM. E. Rambert, H. Lebert, Ch. Dufour, F.-A. Forel et S. Chavannes. — Neuchâtel, 1877.

Typ. Delachaux & Niestlé - Neuchâtel.

LE LAC LÉMAN

I. SITUATION

Le lac Léman (lac de Genève) est situé sur le cours du Rhône, au pied du versant nord de la grande chaîne des Alpes, dans la partie sud-occidentale de la large vallée qui sépare les Alpes du Jura. La position du centre de figure du lac est par 46°.27' de latitude N. et 6°.32' de longitude E. du méridien de Greenwich.

II. ALTITUDE

La nappe du Léman, dans ses eaux moyennes, est à 371.60 m. au-dessus du niveau de l'Océan, soit à 372.40 m. au-dessus du niveau moyen de la Méditerranée, mesuré dans le port de Marseille (Bourdaloue, Michel). La carte fédérale suisse, qui

s'est basée sur les anciens nivellements du génie français, lui donne une altitude moyenne de 375.03 m., l'atlas Siegfried 375.3 m.

III. FORME

Sa forme est celle d'un croissant irrégulier, à cornes inégales ; la branche orientale est beaucoup plus large et terminée en pointe plus arrondie que la branche occidentale, qui va en s'effilant et en se rétrécissant vers Genève ; la concavité du croissant regarde le Sud.

L'axe du lac forme un arc de cercle de 35 $^1/_2$ km. de rayon et de 120° d'ouverture, dont le centre serait situé à 5 km. au Sud du Roc d'Enfer en Savoie.

La rive nord se rapproche sensiblement d'un arc de cercle de 34 $^1/_2$ km. de rayon et de 145° d'ouverture, dont le centre serait situé à 1 km. au N.-E. du hameau de l'Abbaye, vallée de Bellevaux. La rive sud est irrégulière et ne se prête pas à une description générale.

IV. DIVISION

Le lac Léman peut être divisé en deux parties bien distinctes, séparées par un détroit peu apparent, qui s'étend entre la pointe de Promenthoux et la pointe d'Yvoire : le *Grand-lac* et le *Petit-lac*.

Le Grand-lac, ou lac Léman proprement dit, s'é-

tend depuis l'origine du lac en Valais jusqu'à la barre d'Yvoire ; c'est un beau bassin, à grand axe légèrement recourbé, suivant un arc à concavité regardant vers le Sud ; sa largeur assez régulière varie de 8 à 14 km.

Le Petit-lac, ou lac de Genève, dans la partie occidentale du Léman, forme un long fiord, étroit et resserré, dont la largeur diminue progressivement depuis 4 km. devant Nyon à quelques centaines de mètres à Genève.

On appelle *Haut-lac* la partie orientale du Grand-lac, dès Villeneuve à Ouchy et Evian.

V. DIMENSIONS

La longueur du lac est difficile à évaluer, vu sa forme de croissant. Une ligne droite étendue à vol d'oiseau entre ses deux extrémités, de Chillon à Genève, mesure 63.4 km. ; si l'on suit le contour en arc de cercle du grand axe du lac, on arrive à une valeur plus grande, à 72 km. environ.

De l'entrée à la sortie du Rhône, si l'on suit la ligne des rivages, on mesure un développement de côtes de 95 km. sur la rive nord, de 72 km. sur la rive sud ; ensemble 167 km. de ligne de côtes.

La plus grande largeur du lac entre le golfe de Préverenges, près Morges, et Amphion, est de 13.8 km.

Sa superficie totale est de 577.8 km².

VI. RELIEF DU BASSIN DU LAC

Si nous étudions les profondeurs du lac sur une carte hydrographique, dressée d'après les sondages de la Bèche, Ph. Gosset, E. Pictet et Hörnlimann, nous constatons les faits suivants : Le Léman est formé par une grande et large vallée, remplie d'eau, à fond très remarquablement plat dans ses profils transverses ; dans le Haut-lac l'on ne trouve pas 10 mètres de différence de profondeur dans toute la traversée, perpendiculairement au grand axe du lac. Cette grande plaine, de 6 km. de largeur moyenne, est bordée par des talus latéraux plus ou moins inclinés ; à l'extrémité orientale du lac, leur pente dépasse parfois 50 % ; dans la partie occidentale ils sont beaucoup moins abrupts et n'atteignent pas 20, 10 et même 5 % d'inclinaison.

Quant à la vallée elle-même qui forme le plancher du lac, elle varie dans sa profondeur d'une manière régulière et progressive. Elle commence par s'approfondir : à son origine au pied du delta du Rhône elle a 90 m. ; elle a 80 m. devant Chillon ; elle atteint 105 m. devant Veytaux, 130 m. devant Montreux, 195 m. devant Vevey ; elle augmente graduellement sa profondeur suivant une pente de 10 ‰ environ jusqu'à la hauteur d'Ouchy et Evian. Là s'étend une grande plaine de 5 km. de longueur, et de 6 km. de largeur, dont la profondeur uniforme est de 315 m. Dans cette plaine l'on peut indiquer deux dé-

pressions, deux points de profondeur maximale, situés l'un et l'autre sur la ligne qui joint les ports d'Ouchy et d'Evian ; le premier est à $^1/_3$ de cette ligne à partir d'Evian, il mesure 334 m. ; le second est à $3\,^1/_2$ km. au Sud du môle d'Ouchy, il mesure 324 m. Le point de plus grande profondeur du lac est ainsi à 38 m. seulement au-dessus du niveau de la mer. A partir de cette plaine, le plancher du lac va en se soulevant lentement vers l'Ouest avec une inclinaison de 8 $^{00}/_{00}$ jusqu'aux limites du Grand-lac ; là le fond se relève et un talus assez incliné ramène la profondeur de 200 m. à 61 m. sur une barre qui ferme le détroit d'Yvoire. Cette barre d'Yvoire limite ainsi le Grand-lac à l'ouest.

Au delà de la barre, le Petit-lac qui ne s'approfondit que peu, n'atteint guère plus de 73 m., puis diminue successivement de profondeur dans une série d'étages ou de cuvettes, séparées par des barres plus ou moins apparentes.

La profondeur moyenne du Grand-lac peut être évaluée à 200 m. environ, celle du Petit-lac à 50 m.

Le cube du lac, soit le volume d'eau qu'il contient, est d'environ 80 ou 100 milliards de mètres cubes.

VII. RAVIN SOUS-LACUSTRE DU RHONE

En 1885, les sondages de M. J. Hörnlimann ont constaté que le cours du Rhône se continue au fond du lac dans un ravin large et profond, qui a été suivi jusqu'au delà de St-Gingolph, à 6 km. de l'em-

bouchure du fleuve, et jusqu'à 230 m. au-dessous de la nappe des eaux. A cette distance il mesure encore 10 m. de profondeur; plus près de son origine, dans son profil de relief maximal, il a plus de 50 m. de creux au-dessous de ses digues latérales, lesquelles font saillie sur la surface de développement du delta immergé; sa largeur est de 700 à 800 mètres.

Un ravin analogue, quoique moins considérable, se voit devant l'embouchure du petit bras du fleuve, connu sous le nom de Vieux-Rhône, à 1 km. à l'Est de la bouche principale.

Ces ravins sont dus à une action d'érosion ; ils sont l'indice de la descente, le long de la déclivité du delta, des eaux du fleuve qui s'écoulent ainsi dans la profondeur du lac par le fait de leur plus grande densité. Celle-ci résulte de la plus basse température des eaux fluviales, et de leur surcharge d'alluvion qui les rend laiteuses.

VIII. AFFLUENTS

Le lac est alimenté par le Rhône et par une vingtaine de petites rivières ou ruisseaux, qui se jettent directement dans ses eaux ; ce sont :

Rive droite : l'Eau-froide, la Tinière, la Veraye, la Baie de Montreux, la Baie de Clarens, la Veveyse, le Flon, la Venoge, la Morge, le Boiron, l'Aubonne, la Promenthouse, la Versoie.

Rive gauche : la Morge de St-Gingolph, la Dranse, le Redon, l'Hermance.

De tous ces cours d'eau un seul est un peu important : la Dranse a un débit moyen de 28 m³. et un débit maximal de 380 m³. par seconde (Lauterburg). Les autres sont des ruisseaux ou des torrents qui ont fort peu d'eau en temps ordinaire, et ne prennent une certaine importance que lorsqu'ils sont gonflés par des pluies d'orage ou par la fonte des neiges de l'hiver.

Quant au Rhône il est avant tout un fleuve alpin, dont le débit, très faible en hiver, est décuplé en été par la fonte des neiges éternelles et des glaciers. En été ses eaux sont laiteuses comme celles de tous les fleuves glaciaires. Je leur ai trouvé, en 1869, une charge d'alluvion de 130 gr. par m³. d'eau.

M. Lauterburg évalue le débit du Rhône comme suit :

le débit moyen annuel	à	200 m³.	par seconde
» » de l'hiver	à	55 m³.	»
» » de l'été	à	740 m³.	»
» exceptionnel, en temps d'inondation	à	1700 m³.	»

Quant à la surface du bassin d'alimentation du lac, elle est évaluée par la Commission hydrométrique suisse à :

Bassin du Rhône	5382.6 km²
Bassin du lac et de ses affluents directs	2611.9 »
Ensemble . . .	7994.5 km²

Notons que, sur les 5400 km. du bassin du Rhône, il y en a plus de mille en nature de glaciers et de neiges éternelles. Cette proportion est énorme ; elle représente plus de la huitième partie de la surface totale du bassin d'alimentation du lac, et joue évidemment un rôle très important dans les conditions météorologiques de la vallée et dans les conditions hydrologiques du lac.

Cette surface des neiges éternelles a considérablement diminué, de plus de 50 km., pendant la grande période de décroissance des glaciers de 1850 à 1880. Actuellement les glaciers sont de nouveau en croissance ; le glacier qui le premier a montré des signes d'allongement est le glacier des Bossons, en 1875. En 1885 on comptait dans la vallée du Rhône 17 glaciers en voie de croissance reconnue.

IX. VARIATIONS ANNUELLES DE LA HAUTEUR DU LAC.

Le niveau des eaux du lac varie considérablement de l'été à l'hiver. La fonte des neiges et des glaces éternelles du Valais détermine la crue estivale du Rhône, et relève en été le niveau du lac d'une hauteur que l'on peut estimer à 1.54 m. au-dessus du niveau moyen de l'hiver. Voici, d'après les observations de 25 années, 1851 à 1875, au limnimètre de Vevey, les hauteurs moyennes des différents mois ; elles sont rapportées à l'étiage, soit

au limnimètre normal du colonel Burnier dont le zéro est à 3 m. au-dessous du repère en bronze de la Pierre du Niton à Genève :

Janvier	1.076 m.	Juillet	2.064 m.
Février	1.059 »	Août	2.205 »
Mars	1.047 »	Septembre	1.943 »
Avril	1.154 »	Octobre	1.525 »
Mai	1.328 »	Novembre	1.297 »
Juin	1.700 »	Décembre	1.213 »

D'après l'étendue en surface du lac de 578 km^2., toute hausse de 1 mm. dans le niveau général correspond à un excès de 578 000 m^3. dans l'entrée sur la sortie, dans le débit des affluents du lac sur le débit de l'émissaire. Une hausse de 1.54 m. correspond donc à un excès d'entrée de 890 millions de m^3. Les baisses correspondent à des différences de même valeur, mais en sens inverse.

D'après les observations limnimétriques de 1818 à 1880,

la moyenne générale est de	1.349 m.
la moyenne des maximums (1806 à 1880)	2.284 »
la moyenne des minimums id.	0.742 »
amplitude moyenne de la variation annuelle	1.542 »
plus forte variation ann^{le}, 1817 à 1818	2.278 »
plus faible variation ann^{le}, 1858 à 1859	0.778 »
le maximum le plus élevé, 16 juillet 1817	2.880 »
le minimum le plus bas, 4 février 1830	0.224 »
amplitude des variations extrêmes. . .	2.656 »

Les maximums les plus élevés du siècle ont été :

1876	2.661 m.
1877	2.761 »
1879	2.788 »
1816	2.807 »
1846	2.834 »
1817	2.880 »

La crue la plus rapide que l'on ait constatée dans les trente dernières années a été celle du 24 au 25 mai 1878, de 155 mm. en 24 heures. Si l'on tient compte de la hauteur du lac et du débit du Rhône à Genève, on calcule qu'à ce moment le débit total des affluents du lac était de 1475 m³. par seconde.

Tous les chiffres ici donnés se rapportent à l'état du lac dont l'émissaire est réglé artificiellement par les barrages des machines hydrauliques de Genève, tels qu'ils existaient antérieurement à 1880. Les travaux que la ville de Genève a entrepris en 1883, avec les subsides de la Confédération et des cantons de Vaud et du Valais, changeront notablement les allures des variations du lac ; les nouveaux barrages seront établis de manière à maintenir le lac entre les cotes 1.1 et 1.7 m., avec une variation extrême de 60 cm.

X. ÉMISSAIRE DU LAC

Le Rhône est l'émissaire du lac ; il emmène les eaux en leur faisant traverser le port de Genève et surmonter le barrage de la machine hydraulique.

Le débit du Rhône varie avec la hauteur du lac ; il peut être évalué d'après les chiffres de MM. Pestalozzi et Legler, dans le régime de 1873 :

à 80 m³.	par seconde	pr une haut. du lac de	0.780 m.
à 320	»	»	1.500 »
à 415	»	»	2.025 »
à 560	»	»	2.545 »

On ne peut cependant pas conclure toujours de la hauteur du lac au débit du Rhône, car, pendant les mois d'hiver, le fleuve est presque entièrement fermé par le barrage en planches qui relève les eaux pour les roues de la machine hydraulique, servant à l'alimentation de la ville de Genève. Il en résulte que le niveau du Léman, en hiver, est un niveau artificiel, et que le débit de l'émissaire n'est aucunement en rapport avec la hauteur du lac.

XI. LIMNIMÈTRES

On étudie le niveau du lac au moyen des limnimètres, dont le zéro, établi d'une manière quelconque par le maçon qui a scellé la règle dans le mur, doit être corrigé expérimentalement. Voici, d'après les notes du Génie cantonal vaudois, la correction à donner aux lectures des limnimètres établis sur la côte suisse du Léman, pour les rapporter à l'étiage du lac :

Chillon, barre de fonte . .	— 0.977 m.
Vevey, flotteur	+ 0.492 »
Ouchy, barre de fonte . . .	— 1.632 »

Morges, barre de fonte . .	— 1.062 m.
Morges, enregistreur . . .	± 0.002 »
Rolle, barre de fonte . . .	— 0.897 »
Nyon, barre de fonte . . .	— 0.721 »
Coppet, barre de fonte. . .	— 1.212 »
Genève, flotteur	+ 0.155 »

XII. PENTE DU LAC

Le lac est généralement de niveau. De Villeneuve aux jetées du port de Genève, il n'est pas possible de constater de différence de niveau, soit de pente du lac. En revanche, il existe une pente assez sensible dans le port de Genève, et le limnimètre du Jardin anglais, dont les indications, très soigneusement observées depuis 1838, donnent des moyennes précieuses pour la hauteur des eaux du Léman, ne fournit pas d'une manière exacte le niveau du lac. Il y a une correction à faire ; il faut ajouter une valeur de :

9 mm.	aux basses eaux,	0.7 à 0.9 m.
35 »	aux eaux moyennes,	1.2 à 1.3 »
90 »	aux hautes eaux,	2.5 à 2.6 »

XIII. DÉNIVELLATIONS LOCALES CONSTANTES

Existe-t-il sur le lac des dénivellations locales constantes, analogues à celles qui ont été constatées sur l'Océan ou la Méditerranée, où l'on a reconnu des différences sensibles dans le niveau de la mer d'un port à l'autre ? Distinguons. Des diffé-

rences dues aux allures de la marée, je n'ai pas pu en reconnaître des indices sur les tracés de mon limnographe-enregistreur de Morges. Des différences dues aux courants; ceux-ci ne sont pas assez énergiques et surtout pas assez constants pour causer de ces différences de niveau permanentes, du moins l'on n'a pas encore su les constater avec certitude. Quant à ces dénivellations, probablement plus importantes, dues au fait que l'attraction de la rive est fort différente suivant la densité des roches et l'inclinaison, soit de la côte elle-même, soit du talus du lac, elles doivent certainement exister; mais elles ne peuvent pas être reconnues par les moyens hypsométriques ordinaires, le niveau des géomètres étant, lui aussi, affecté de la même manière dans les opérations du nivellement.

XIV. DÉNIVELLATIONS LOCALES TEMPORAIRES

J'ai reconnu sur le lac Léman l'existence de dénivellations locales temporaires, dues probablement à l'action des vents ou à des inégalités dans la pression barométrique, et analogues à celles que l'on connaît depuis longtemps sur la Baltique et la Méditerranée. Elles durent un ou plusieurs jours, et peuvent atteindre une valeur de plusieurs centimètres. Ces dénivellations peuvent être assez fortes pour que, aux basses eaux, la pente du lac soit

renversée, et l'eau plus élevée au limnimètre de Genève qu'à celui de Vevey ou de Chillon.

La plus forte de ces dénivellations que nous ayons mesurée est celle du 20 décembre 1877, à 8 heures du soir, par une très forte bise ; elle donnait une surélévation des eaux de Genève sur celles de Morges de 125 mm.

XV. COURANTS

Dans tout lac, il y a divers types de courants :

1° Le courant d'entrée des affluents qui ne tarde pas à s'arrêter dans la masse immobile de l'eau stagnante. Ce courant est superficiel quand l'eau de l'affluent est plus légère que l'eau du lac ; il est profond quand l'eau fluviale est plus lourde. Le ravin sous-lacustre du Rhône montre que ce courant profond peut, en certaines saisons, se prolonger jusqu'à 6 km. et plus de l'embouchure du fleuve.

2° Le courant causé par le départ de l'eau par l'émissaire. Toute la masse du Léman se transporte constamment dans la direction de Genève. Pendant la plus forte crue connue, celle du 24 au 25 mai 1878, le lac s'est élevé de 155 mm. en 24 heures dans ces conditions, le courant normal devait avoir, par minute, une vitesse :

Sur la section de Vevey à St-Gingolph	0.054 m.
» d'Ouchy à Evian . . .	0.018
Au détroit d'Yvoire	0.170

Dans le Petit-lac, la vitesse peut être plus rapide; avec un débit de 600 m³. par seconde du Rhône à Genève, on a une vitesse :

Au détroit d'Yvoire	0.18	m. p. min.
Sur la section Coppet-Hermance .	0.20	»
» Genthod-Bellerive .	0.5	»
Sur le banc de Travers, à Genève	3.8	»

3° Les courants à causes thermiques, résultant des différences de température :

a) Les uns sont horizontaux, quand il y a échauffement inégal des diverses régions de la surface. Très irréguliers et inconstants, la vitesse maximale que je leur ai mesurée est de 16 m. par minute.

b) Les autres sont verticaux, dus au refroidissement de la surface en automne et en hiver ; ils ont échappé jusqu'ici à l'observation.

4° Les courants dus à l'action des vents. L'air, en frottant la surface de l'eau, l'entraine dans le sens de son transport; ce courant superficiel cause une accumulation de l'eau sur la côte vers laquelle le vent frappe. Cette dénivellation provoque un retour de l'eau par un courant profond, qui marche en sens contraire du vent, et est parfois assez violent pour tordre et entraîner les filets des pêcheurs. En été, quand l'eau est stratifiée thermiquement, le courant de retour a lieu entre deux eaux, à une faible profondeur ; en hiver, quand la température de l'eau est uniformisée, il peut descendre jusqu'aux plus grands fonds du lac. Pendant l'ouragan du

20 février 1879, les filets des pêcheurs de Lavaux, ancrés dans le lac à 200 et 300 m. de fond, ont été déplacés par le courant de retour.

5° Les courants dus au balancement des seiches n'ont pas encore été étudiés. Dans les conditions les plus favorables, au détroit d'Yvoire, ils doivent avoir une vitesse de 1.5 m. à la minute.

XVI. SEICHES

Les riverains du Léman connaissent depuis des siècles et appellent *seiches* des variations singulières du niveau de l'eau du lac ; sans cause apparente, ils voient l'eau s'élever, sur le rivage, de plusieurs centimètres, de plusieurs décimètres, d'un mouvement lent qui dure quelques cinq minutes, un quart d'heure, une demi-heure, puis s'abaisser avec la même lenteur au-dessous du niveau primitif, puis s'élever de nouveau, et ainsi de suite. On dirait d'une petite marée, de faible amplitude, de courte durée.

Une observation attentive constate des mouvements analogues dans tous les lacs et étangs, quelles qu'en soient les dimensions.

J'ai montré, en 1873, que ces seiches sont le fait d'un balancement, des vagues d'oscillation fixe de l'eau, qui balance d'une extrémité du lac à l'autre, dans un mouvement rythmique, isochrone, et d'amplitude décroissante, autrement dit dans un mouvement pendulaire.

Les seiches sont d'apparition très fréquente. A l'aide d'appareils enregistreurs suffisamment sensibles, nous les observons constamment ; c'est avec peine que nous trouvons dans l'année quelques heures de suite, jamais une journée entière, où le niveau du lac ne présente pas trace de ces phénomènes rythmiques.

L'amplitude, soit la hauteur des seiches, est fort variable. Elle varie avec la station : certaines localités, situées au fond de golfes en entonnoir, Genève par exemple, ont des seiches beaucoup plus fortes que d'autres stations, situées sur un cap proéminent. L'amplitude varie aussi d'un jour à l'autre : parfois les seiches sont nulles ou presque nulles, parfois elles ont leur maximum de développement. Les plus grandes seiches connues sont celles du 3 octobre 1841, observées à Genève, où le dénivellement de l'eau, entre le maximum et le minimum, a dépassé 1.90 m. Cet exemple est fort rare ; depuis neuf ans que nous possédons sur le Léman des limnographes à enregistrement continu, nous n'avons pas constaté de seiches dépassant à Morges 20 cm., à Genève 40 cm. d'amplitude.

L'étude de l'amplitude des seiches et de leur développement nous a montré leurs relations avec les mouvements de l'atmosphère ; leur début coïncide avec une rupture d'équilibre de l'air qui surmonte le lac. Un orage qui frappe sur le lac cause une dénivellation locale de l'eau, première impulsion

qui est suivie d'une série d'oscillations d'amplitude décroissante, jusqu'à ce que l'état d'équilibre soit de nouveau atteint, ou, ce qui arrive le plus fréquemment, qu'une nouvelle série de seiches se développe en effaçant les traces de la série précédente. J'ai constaté, sur les tracés des enregistreurs, la suite non interrompue de telles oscillations pendulaires, causées par une seule impulsion, et se continuant pendant trois, quatre et même cinq jours.

Je distingue dans un lac deux systèmes principaux de seiches :

1° Les *seiches longitudinales* qui oscillent suivant le grand axe du lac ; dans le Léman, de Chillon à Genève.

2° Les *seiches transversales* qui oscillent suivant la plus grande largeur du lac : dans le Léman, de la côte suisse à la côte savoyarde, de Morges à Evian.

Dans chacun de ces systèmes, je connais trois types principaux de seiches, à savoir :

1° Les seiches de premier ordre ou *seiches uninodales*, avec un seul nœud et deux ventres d'oscillation. L'eau s'élève à une extrémité du lac pendant qu'elle s'abaisse à l'autre; au milieu de la longueur du bassin est un point mort, nœud d'oscillation, où la hauteur de l'eau ne varie pas.

2° Les seiches de deuxième ordre, ou *seiches binodales*, avec deux nœuds et trois ventres d'os-

cillation. L'eau s'élève simultanément aux deux extrémités du lac pendant qu'elle s'abaisse au milieu, et vice-versa ; entre ces trois ventres, il y a deux nœuds d'oscillation où le niveau de l'eau reste stationnaire.

3° Les seiches mixtes ou *seiches dicrotes*, dans lesquelles il y a superposition des seiches de premier et de deuxième ordre, ce qui donne, suivant la station d'observation, des courbes de dénivellation de types divers, assez compliquées aux extrémités du lac où les ventres des uninodales et des binodales interfèrent ensemble.

Je donnerai, d'après nos observations sur le lac Léman, la durée de ces divers types de seiches, en nommant durée l'espace de temps compris entre deux maximums de hauteur de l'eau, ou deux sommets de seiches :

Seiche longitudinale uninodale,	73	minutes.
» » binodale,	35	»
» transversale uninodale,	10	»

La durée de la seiche varie d'un lac à l'autre suivant les dimensions du bassin. En 1876, je suis arrivé, en me basant sur une équation théorique de Rodolphe Merian, de Bâle, à donner d'une manière pratique et très simple la formule des seiches uninodales, à savoir :

$$t = \frac{l}{\sqrt{gh}}$$

qui exprime t, la durée d'oscillation d'une demi-seiche, mesurée en secondes de temps, en fonction de l, la longueur, comptée en mètres, de la section du lac suivant laquelle la seiche oscille (la plus grande longueur ou la plus grande largeur du lac), et de h, la profondeur moyenne de cette section, g étant le coefficient de la pesanteur 9.809.

D'après cette formule, plus le lac est long, plus la durée de la seiche est grande. Mais cette durée est fortement influencée par la profondeur de l'eau ; quand le lac est peu profond, la durée de la seiche est prolongée ; on peut admettre que le frottement de l'eau sur le fond est la cause de ce retard.

Des exemples tirés de l'observation des seiches du Léman et d'autres lacs suisses ont prouvé la légitimité de cette formule.

Les seiches ont été étudiées sur le lac Léman par H.-B. de Saussure, Vaucher, F.-A. Forel, Ph. Plantamour, E. Sarasin, etc.

XVII. VAGUES DU VENT

Les vagues soulevées par les vents (vagues d'oscillation progressive) varient de dimensions dans les conditions suivantes : elles sont d'autant plus fortes que le vent est plus violent ; le vent soufflant avec une intensité constante, elles augmentent régulièrement de vitesse, de largeur et de hauteur, à mesure qu'elles avancent sur le lac. Lorsque

l'eau diminue de profondeur et que les vagues arrivent sur la beine, elles ralentissent leur vitesse ; leurs crêtes se rapprochant, elles diminuent de largeur ; en revanche, elles augmentent de hauteur, et lorsque la profondeur est très faible, elles se brisent en déferlant sur la grève.

Les plus grandes vagues mesurées sur le lac, vagues de vent sudois, observées à Morges le 11 novembre 1875, avaient 20.5 m. de largeur d'une crête à l'autre, par une profondeur d'eau de 2 m. environ. Ces vagues ont déplacé une pierre de 30 dm³., pesant sous l'eau 54 kg.

Quant à la hauteur maximale des vagues, si nous appliquons la formule générale qui fixe cette hauteur au quinzième de la largeur des vagues, les plus grandes vagues du Léman ne dépasseraient pas une hauteur de 1.3 m. à 1.5 m. Mes mesures sont d'accord avec cette évaluation et arrivent à un maximum de 1.5 m. entre la crête el le creux des vagues. Ces chiffres ne se rapportent qu'au plein lac ; car, quand les vagues se brisent sur une plage peu inclinée, elles augmentent en hauteur pendant qu'elles perdent en largeur ; quand elles se réfléchissent contre le mur d'un quai et produisent ce qu'on appelle le ressac, l'interférence des deux ordres de vagues peut en doubler la hauteur ; quand enfin elles rebondissent contre un mur ou contre un rocher, l'embrun des vagues peut rejaillir jusqu'à 6 ou 8 m. de haut.

La durée des vagues augmente avec leur largeur ; elle varie de 0 à 4 secondes.

La vitesse de translation de vagues de 20 m. de largeur, en plein lac, serait de 5.5 m. par seconde, soit à peu près la vitesse moyenne de nos bateaux à vapeur.

XVIII. RIDES DE FOND

Le mouvement des vagues, qui est à la surface une oscillation progressive, se transforme dans la profondeur en un balancement alternatif et horizontal de l'eau. En frottant sur le sol, ce mouvement de va-et-vient soulève le sable en dunes stationnaires, les *rides de fond*. Leur direction est parallèle à la crête des vagues de vent qui leur ont donné naissance ; leur disposition est celle de lignes parallèles, équidistantes, à inflexions allongées, comparables aux stries de l'épiderme de la paume de la main ; leur forme est une crête bornée par deux talus symétriques, les matériaux les plus fins étant au sommet de l'arête, les plus grossiers dans les creux ; leur largeur, qui dépend de la grosseur et de la densité des grains du sable, varie dans notre lac de 2 à 40 cm. d'une crête à l'autre. Les rides de fond n'existent que dans la région littorale ; elles ne descendent pas plus bas que 6 à 9 m. au-dessous des basses eaux ; elles donnent ainsi la limite d'action effective des vagues du vent.

XIX. VIBRATIONS DU LAC

J'ai décrit sous le nom de *vibrations* des mouvements oscillatoires de l'eau du lac, beaucoup plus lents et moins apparents que ceux des vagues du vent et de très faible amplitude; leur durée varie de 0.5 à 4 minutes, leur hauteur de 0 à 10 mm. Elles sont déterminées dans certains cas par l'action des vents, dans d'autres cas par le passage des bateaux à vapeur.

Un instrument aussi sensible que le limnimètre enregistreur de Morges peut dessiner les vibrations *antécédentes* d'un bateau à vapeur qui est encore à une distance de 10 ou même 14 km. de l'appareil, et les vibrations *consécutives* d'un bateau à vapeur deux et même trois heures après son passage.

XX. TACHES D'HUILE

Lorsque la surface du lac est agitée par une brise légère, on peut voir, par places, des taches de formes variées se dessiner sur la surface de l'eau. Dans ces taches, les vaguelettes sont mortes et ne présentent pas, comme dans l'eau vive qui les entoure, des sommets aigus et des faces concaves; il en résulte qu'elles réfléchissent le ciel et la côte opposée d'une manière différente que la surface générale du lac, que, par conséquent, leur couleur apparente est différente. La forme de ces taches est variable; en général, elles sont arrondies, souvent

allongées comme un grand chemin tracé sur le lac; souvent aussi elles forment une bande de 50 à 100 m. qui borde le rivage. La position de ces taches sur le lac n'a rien de fixe, et, une fois établies, elles se déplacent sous l'influence des vents et des courants. Ces taches sont dues à la présence d'une substance huileuse répandue accidentellement à la surface de l'eau, couche prodigieusement mince ($^1/_{200\,000}$ de millimètre) et provenant des égouts des villes, des bateaux à vapeur, des cadavres d'animaux, etc.

Ces mêmes taches d'huile peuvent se reconnaître lorsque la pluie tombe sur un lac absolument calme. Chacune des gouttelettes, en frappant sur l'eau vive, y détermine de petites ondes très serrées qui, s'entrecroisant dans mille directions, donnent à la surface du lac une couleur apparente d'un gris relativement foncé; lorsque les gouttes tombent sur de l'eau recouverte d'une mince pellicule d'huile, ces petites ondes sont immédiatement éteintes, et le moiré grisâtre ne se produit plus.

XXI. VENTS

Les vents qui règnent sur le lac peuvent se classer en trois groupes : les vents généraux, les vents d'orage, les brises.

XXII. VENTS GÉNÉRAUX

Ils sont causés par un cyclone qui passe dans le voisinage de notre vallée et occasionne un trans-

port d'air à direction spirale, centripète ; l'air passe ainsi d'un pays à l'autre et se déplace souvent à de grandes distances, sur une partie notable du continent.

Ils portent des noms locaux, et ont les caractères suivants :

1° La *bise*, ou *vent du Nord*, soufflant du N.-E., est causée par le passage d'un cyclone sur la Méditerranée, la Provence ou la Haute-Italie. C'est un vent sec et froid, souvent très violent, pouvant atteindre dans les couches inférieures de l'air une vitesse de 25 m. par seconde, régnant ordinairement pendant une série de jours (trois, six ou neuf jours, suivant le dicton vulgaire, ce qui correspond à la durée du passage d'un, deux ou trois cyclones successifs dans le voisinage de notre vallée). La bise est généralement accompagnée par le beau temps.

On désigne sous le nom de *bise noire* un vent du Nord inférieur, au-dessus duquel règne un courant du Sud, humide et chargé de nuages, voilant le ciel par conséquent.

2° Le *sudois*, ou *vent du Midi*, le *vent* par excellence des riverains vaudois, soufflant du S.-O.; il est causé par le passage d'un cyclone qui traverse le Nord de la France, les Pays-Bas, l'Allemagne, la Manche ou la mer du Nord. C'est un vent chaud, humide, chargé de nuages, souvent accompagné de pluie, régnant en général plusieurs jours.

On appelle *vent blanc* (*maurabia*, vent qui mûrit les blés) un sudois assez vif, très chaud, sans nuages, avec un brillant soleil, qui souffle en été pendant quelques heures seulement, un jour au plus; il se transforme bientôt en vent de pluie.

3° La *vaudaire* (*Föhn* des Allemands), vent du S.-E., souffle dans la vallée du Rhône et le Haut-lac, de Villeneuve à Morges, exceptionnellement jusqu'à Rolle. Il est occasionné par un cyclone dont le centre est de l'autre côté du Jura, à l'Ouest ou au Sud-Ouest. C'est un vent très chaud, souvent accompagné d'orages et de grandes chutes de pluie; il souffle par rafales, et dure généralement, mais d'une manière très interrompue, pendant un, deux ou trois jours.

4° Le *joran*, vent d'Ouest, qui passe par-dessus le Jura et retombe dans la vallée du Léman; il succède en général au sudois, quand le cyclone s'est transporté dans la direction de l'Autriche ou de la Bohême. Il a à peu près les mêmes caractères que la vaudaire.

XXIII. VENTS D'ORAGE

Violent déplacement de l'air, causé par un orage, accompagné de phénomènes électriques, éclairs et tonnerres, de condensation d'eau, pluie ou grêle, et d'un abaissement de la température de l'air. Le vent d'orage souffle par bouffées ou rafales; il dure peu. La direction du vent est, ou bien spirale cen-

tripète, dans les ouragans-cyclones et les trombes, cyclones de petites dimensions, cyclones secondaires dont le type est pour notre vallée l'ouragan du 20 février 1879; ou bien elle est centrifuge, divergeant autour du foyer de l'orage : orages d'été, orages de beau temps.

Suivant la direction locale du courant d'air, les vents d'orage ont reçu quelques noms spéciaux:

Le *joran* vient du N.-O.; il descend du Jura vers le lac.

Le *bornan* vient de la vallée de la Dranse, soit du Sud.

Le *môlan* souffle sur le Petit-lac, venant de la vallée de l'Arve.

Enfin, certains coups de *vaudaire*, dans le Haut-lac, rentrent certainement dans les vents d'orage.

XXIV. BRISES

Ce sont des vents locaux, qui s'établissent en temps de calme, en l'absence des vents généraux, suivant des directions déterminées, et en raison de refoulements causés par la distribution inégale de la température de l'air sur la terre et sur l'eau; leur intensité est toujours très modérée. On les désigne sous le nom de :

1° *Rebat* ou *séchard*, brise du lac, soufflant du lac sur la terre dans le milieu de la journée; il est causé par l'inclinaison des couches isothermes de l'air, qui sont plus vite réchauffées sur terre que

sur l'eau, par l'action du soleil : il s'en suit un écoulement des couches supérieures de la terre vers le lac, et un courant de retour inférieur du lac vers la terre.

2° *Morget*, brise de terre qui souffle de la terre sur le lac pendant la nuit, de 6 heures du soir à 8 heures du matin ; nulle part, sur le lac, il n'est aussi bien déterminé qu'à Morges : de là son nom. Il résulte d'une circulation de l'air en sens inverse de celle de la brise du lac, par le fait du refroidissement plus rapide de l'air sur la terre que sur le lac.

On appelle *morget de neige* une brise de terre qui souffle pendant toute la journée en hiver, lorsque la terre est refroidie par un tapis de neige.

On appelle *morget d'automne* une brise de terre qui règne durant toute la journée en automne, saison pendant laquelle la température du lac est plus élevée que celle de la terre.

XXV. LES EAUX. ANALYSE CHIMIQUE

L'eau du lac est très pure. En voici la composition, d'après les meilleures analyses.

Un litre d'eau de la surface contient :

En gaz :

Oxygène	6.85 cm³.
Azote.	14.96 »
Acide carbonique	2.85 »

(J. Walter.)

En substances solubles :

Chlorures de sodium et de potassium .	1.8 mgr.
Sulfate de sodium	15.0 »
Sulfate d'ammoniaque	traces.
Sulfate de calcium	47.9 »
Nitrate de calcium	1.0 »
Carbonate de calcium	73.9 »
Carbonate de magnesium	17.0 »
Silice	3.7 »
Alumine, oxyde de fer	1.9 »
Matières organiques, pertes	11.9 »

Total des matières solubles, 174.1 mgr.

(Analyses de Ste-Cl. Deville, Risler, Walter, Lossier et Brandenbourg, résumées par S. Forel.)

En matières organiques, révélables par le permanganate de potasse, de 5.6 à 15.1 mgr. (Lossier, Michaud, Marignac, Hahn et Graebe.)

Dans les profondeurs, l'eau a la même composition, à peu de chose près (R. Brandenbourg). Elle contient un peu plus de gaz dissous, en particulier de l'oxygène 7.08 et de l'acide carbonique 5.28 cm³. par litre (J. Walter.)

XXVI. COULEUR DE L'EAU

La couleur propre de l'eau du Léman, telle qu'on peut la constater lorsque l'eau est pure dans les mois d'hiver, est d'un beau bleu d'azur, légèrement teinté de vert ; c'est bien près de la nuance de l'eau

distillée et de l'eau chimiquement pure. Cette couleur devient en été un peu opaline; elle peut devenir localement plus ou moins jaunâtre, lorsque les torrents ont charrié des eaux limoneuses ou terreuses assez chaudes pour flotter à la surface du lac.

Dans certaines anses abritées, une algue, *Pandorina morum*, peut déterminer une couleur verte, qui n'apparaît du reste que très temporairement, en juin et juillet.

XXVII. TRANSPARENCE DE L'EAU

L'eau du Léman est normalement fort transparente, mais cette transparence varie dans des proportions assez étendues, et cela de la manière suivante : L'eau est plus claire en plein lac que sur les bords, au bout d'un cap qu'au fond d'un golfe, sur une côte où l'eau est profonde que là où le fond s'incline très lentement. Toutes choses égales d'ailleurs, elle est plus transparente en hiver qu'en été; voici la profondeur moyenne à laquelle disparaît à l'œil un disque blanc de 25 cm. de diamètre, par le soleil de midi :

Octobre	10.2 m.	Mai	8.2 m.
Novembre	11.0 »	Juin	6.9 »
Décembre	11.5 »	Juillet	5.6 »
Janvier	14.6 »	Août	5.3 »
Février	15.0 »	Septembre	6.8 »
Mars	15.4 »		
Avril	11.3 »		
Moy. hiver,	12.7 m.	Moy. été,	6.6 m.

Maximum observé : 17 m.

On appelle *eau bleue* la région du lac où l'eau est assez profonde pour que l'œil ne distingue plus le fond. L'eau bleue commence sur le talus du mont.

Une lampe électrique, descendue dans l'eau relativement claire du printemps, disparaît à mesure qu'elle s'éloigne, comme le fait une flamme de gaz au milieu d'un brouillard ; elle cesse d'être visible comme un point brillant à la distance de 35 m. environ ; l'illumination qu'elle donne à l'eau cesse d'être apparente à 70 ou 80 m. Les mêmes valeurs pour une lampe à huile, type du modérateur, étaient de 25 à 40 m. (Soret et Sarasin.)

Des expériences photographiques ont montré que la limite, à laquelle les rayons chimiques du soleil cessent d'influencer du papier sensibilisé au chlorure d'argent, varie de 45 m. en été à 100 m. en hiver (Forel).

Des plaques extra-sensibles au gélatino-bromure d'argent de Monckhoven ont été impressionnées jusqu'à la profondeur de 200 m. (Fol et Sarasin.)

XXVIII. TEMPÉRATURE, SOIT CHALEUR DES EAUX

Tout lac profond présente trois régions différentes, au point de vue de la propagation des variations périodiques de la chaleur :

1° Une région profonde où les seules variations sont de périodicité lustrale.

2° Une région moyenne soumise aux variations annuelles de la chaleur.

3° Une région superficielle soumise aux variations diurnes.

Les conditions thermiques d'un lac, c'est-à-dire l'épaisseur relative des trois régions, l'amplitude et le degré des variations de température, sont déterminées par le climat de la contrée. Voici ce que nous connaissons à ce sujet pour le Léman :

1° La région profonde n'est pas sujette aux variations annuelles; on n'y reconnaît que les variations lustrales lesquelles sont de périodicité irrégulière. Elles se traduisent par un réchauffement lent, dû à des causes multiples et compliquées, qui relèvent la température de 2 à 3 dixièmes de degré par an, ce réchauffement est interrompu par les hivers d'intensité extraordinaire, où l'on voit le lac se refroidir, dans ses grands fonds, de plusieurs dixièmes de degré. Voici, dans les dernières années, les variations de chaleur de la région profonde du Léman, laquelle s'étend depuis les plus grands fonds jusqu'à 150 m. environ de la surface :

1879	5.2°	1884	5.4°
1880	4.6	1885	5.6
1881	4.8	1886	5.3
1883	5.0		

On voit dans ces chiffres l'effet du *grand hiver* de 1879-1880 et de l'hiver prolongé de 1885-1886.

2° La région moyenne, entre 10 et 150 m. de profondeur, dans laquelle se font sentir les variations annuelles. Le réchauffement de l'été, dû à l'action du soleil, agit sur la surface supérieure et se propage de haut en bas ; il se traduit par la stratification en couches d'autant plus chaudes qu'elles sont plus rapprochées de la surface. Les couches isothermes sont très serrées en haut, et s'écartent progressivement à mesure que l'on descend plus bas. Voici un exemple de la stratification de l'été, 22 août 1879 :

Surface . . .	22.0°	100 m. . . .	5.5°
20 m. . . .	12.7	120 » . . .	5.3
40 » . . .	7.6	140 » . . .	5.2
60 » . . .	6.2	. . .	. . .
80 » . . .	5.8	300	5.2

En automne et en hiver, le refroidissement se faisant par la surface, et l'eau refroidie, plus dense, descendant dans la profondeur, il en résulte la formation d'une couche supérieure, de température uniforme dans toute son épaisseur, et d'épaisseur croissante à mesure que la température se refroidit. A la fin de l'hiver, la couche de température uniforme tend à rejoindre la région profonde, dont elle se rapproche par sa température ; dans les hivers très froids, elle l'atteint et la fait participer au refroidissement général du lac.

Dans un hiver ordinaire de nos climats, la température de la couche superficielle uniforme descend à environ 6.0°.

Le Grand-lac n'a jamais été congelé dans les temps historiques, et, d'après l'expérience de l'hiver 1879-1880, il n'est pas probable qu'il gèle jamais. Les seuls faits de congélation connus ont eu lieu dans des golfes resserrés et dans le Petit-lac. Là, l'eau est peu profonde et se trouve dans les conditions d'un étang où l'eau peut s'abaisser au-dessous de 4.0°, température de la densité maximale ; il peut en résulter la formation de glaces superficielles. On en connaît des exemples dans la rade ou le port de Genève en 1570, 1587, 1681, 1684, 1685, 1709, 1788, 1810, 1820, 1830, 1854 et 1880. Dans ce dernier hiver, on a même vu des radeaux de glace de plusieurs kilomètres carrés se former, pendant la nuit, à la surface du Petit-lac, entre Coppet et Genève, les 9, 10, 14, 15, 16 février et 1er mars 1880.

Les couches isothermes du lac ne sont pas horizontales ; elles sont inclinées en se relevant de Villeneuve à Yvoire. Entre 30 et 60 m. de profondeur, j'ai constaté, dans l'été de 1885, jusqu'à 2° de différence entre Chillon et Yvoire, les eaux étant plus chaudes dans la première de ces stations. Cette différence est due à l'excès de densité des eaux troubles du Rhône qui alourdissent les eaux du lac près des embouchures du fleuve, et les rendent

égales en pesanteur aux eaux plus froides, mais plus limpides, qui s'écoulent dans la direction de Genève.

3° La couche superficielle, outre les variations lustrales et annuelles, subit encore les variations diurnes. Chaque nuit, la surface se refroidit, et il en résulte chaque matin la formation d'une couche de température uniforme, analogue à celle de l'automne, mais moins épaisse; pendant le jour, la surface se réchauffe et se stratifie thermiquement. L'amplitude de la variation de la surface, dans un beau jour d'été, ne dépasse pas 2 ou 3 degrés. La couche superficielle de température uniformisée atteint dans le Léman 10 à 15 m. d'épaisseur. Voici un exemple de la stratification superficielle, du 21 juillet 1881, à midi :

Surface . . .	21.3°	11 m. . . .	14.4°
1 m. . . .	21.2	12 » . . .	12.1
5 » . . .	20.9	15 » . . .	11.1
7.5 » . . .	20.6	20 » . . .	9.4
10 » . . .	19.8	25 » . . .	8.9

Quant aux allures générales de la température de surface du Grand-lac, je la donnerai comme suit en corrigeant les moyennes mensuelles de Genève, 1853-1875, d'après quatre années d'observations comparatives à Morges et Ouchy :

Janvier . . .	6.2°	Mars	5.8°
Février . . .	5.9	Avril	8.0

Mai	11.5°	Septembre .	18.1°
Juin	17.4	Octobre . .	14.7
Juillet. . . .	20.6	Novembre .	10.0
Août	19.1	Décembre . .	7.7

Température moyenne de la surface du Grand-lac : 12.1°.

L'eau qui s'écoule par le Rhône à Genève est un peu plus chaude pendant les mois d'avril à mai; elle est plus froide pendant les neuf autres mois. Sa température moyenne est de 11.3°; les extrêmes mesurés à Genève sont 0.9° et 24.6°.

Dans la région pélagique du Grand-lac, je n'ai jamais vu l'eau s'élever au-dessus de 23°

Les variations de chaleur de l'eau sont très modérées et très lentes, sauf un cas où il peut y avoir un abaissement brusque dans la température de la surface. C'est lorsqu'un vent qui souffle de terre, en caressant la surface de l'eau, l'entraîne en plein lac; cette eau superficielle est remplacée par de l'eau provenant des couches moyennes; cette dernière est plus froide, et la température peut ainsi en quelques heures s'abaisser de plusieurs degrés.

Un lac est un puissant modérateur du climat; la chaleur qui s'accumule dans l'eau pendant l'été est rendue en hiver à l'atmosphère. En décembre 1879, au milieu du *grand hiver*, j'ai calculé, d'après le refroidissement du lac, la quantité de chaleur dégagée ainsi dans l'air de notre vallée; je suis arrivé

pour la surface totale du lac, en 24 heures, à la restitution à l'air d'une quantité de chaleur égale à celle que produirait la combustion de 250 mille tonnes de mille kilogrammes de charbon. Ce chiffre permet d'apprécier l'effet du lac pour l'adoucissement de notre climat d'hiver.

XXIX. TRANSMISSION DU SON DANS L'EAU

La vitesse de la propagation des ondes sonores dans l'eau a été étudiée par D. Colladon et C. Sturm en 1826, dans le Léman entre Rolle et Thonon. Le son d'une cloche de bronze frappée sous l'eau était transmis à la distance de 13.487 m. en 9.4 secondes de temps, ce qui donne une vitesse du son dans l'eau de 1435 m. par seconde.

XXX. COULEUR APPARENTE

Lors que le lac est *plat comme un miroir*, si nous regardons à l'horizon, notre rayon visuel faisant avec la surface de l'eau un angle fort petit, nous voyons par réflexion l'image réelle de la côte opposée et du ciel ; la lumière est en partie absorbée par la réflexion, et l'image est en raison de cela un peu moins brillante que l'objet. Si, au contraire, nous sommes assez élevés au-dessus de la partie du lac que nous regardons pour pouvoir faire plonger notre regard sous un angle convenable, nous voyons la couleur propre de l'eau, d'un bleu plus ou moins pur suivant la saison.

Mais lorsque le lac est agité par des vagues, la couleur apparente devient tout autre. Il n'y a plus d'image nette et distincte, mais une teinte générale, variant de ton suivant la direction où l'on regarde, suivant l'heure et suivant le jour. Le lac n'est jamais semblable à lui-même.

Les vagues forment une série de petits miroirs cylindriques, tantôt convexes, tantôt concaves, qui réfléchissent, en les déformant, le ciel et la côte opposée ; toutes ces petites images se combinent ensemble pour former une teinte moyenne très fondue, dont les variations sont graduelles et bien ménagées. La direction des vagues a une grande influence sur les tons de cette couleur moyenne, la réflexion se faisant tout différemment, suivant un plan parallèle, un plan oblique ou un plan perpendiculaire à la crête de la vague ; il en résulte que le lac a, au même moment, une couleur très différente dans les diverses directions où l'on peut le regarder. Puis la couleur des objets réfléchis varie beaucoup et varie sans cesse : la côte opposée est tantôt brillamment éclairée, tantôt dans l'ombre ; tantôt le printemps la revêt de sa joyeuse robe verte, tantôt l'automne la teinte de rouge et de jaune, tantôt l'hiver la blanchit de ses neiges. Le ciel est alternativement bleu d'azur ou blanchâtre, éclairé de nuages d'argent ou assombri de brouillards gris, moucheté par les flocons des cirrhus ou rayé par les bandes des stratus. Chacun de ces détails de

ton entre dans la composition de la teinte générale qui colore le lac. Et le soleil de midi et sa gerbe d'étincelles! et le soleil couchant avec ses reflets d'incendie! et la lune qui, comme le disait un poète :

> Un jour a, de ses mains distraites,
> Laissé tomber, du haut de l'air,
> Son grand éventail à paillettes
> Dans le bleu miroir de la mer.

Quel peintre a sur sa palette des tons aussi riches et une gamme de couleurs aussi brillamment fondues et harmonisées!

Ce n'est pas encore tout. Lorsque les vagues sont assez vives, assez aiguës, le rayon visuel, au lieu d'être entièrement réfléchi sur les faces inclinées de l'eau, pénètre en partie dans la vague, et, allant fouiller dans les profondeurs du lac, voit en partie la teinte propre de l'eau; la proportion de bleu qui se mêle ainsi aux couleurs réfléchies varie avec la forme, la grandeur et la direction des vagues. Quant à ce bleu lui-même, il est dans les beaux jours d'hiver d'un azur presque pur; en été, quand l'eau est moins transparente, il est un peu opalin ou laiteux; quand enfin l'eau a été salie par les torrents débordés, quand elle est jaunâtre, ce jaune agit sur le bleu profond du lac et donne une couleur apparente verte. La teinte verte est d'autant plus évidente que les vagues sont plus fortes, que l'eau est éclairée par un soleil plus brillant, que la côte op-

posée, étant dans l'ombre, fait mieux repoussoir par ses tons obscurs.

L'eau éclairée par le soleil est d'un ton beaucoup plus clair que lorsque des nuages voilent le ciel; on peut juger de cette différence en regardant l'ombre d'un nuage qui, lorsque le lac est agité par le vent, se dessine comme une tache d'un bleu violacé sur le bleu plus clair du reste de l'eau.

Ajoutons encore que le lac agité par des vagues a, quand on le contemple à distance, une apparence de singulière animation. Chacun des petits mouvements individuels de chacune des vagues se combine pour l'œil avec celui des vagues voisines, et donne un mouvement apparent à l'ensemble ; il semble que l'eau s'écoule rapidement suivant un courant qui marcherait dans la direction du vent. C'est une pure illusion ; le courant superficiel causé par le vent est infiniment plus lent que le mouvement apparent qui trompe l'œil.

Nous avons parlé de la réflexion des astres sur l'eau ; quelques mots encore sur ce point.

La traînée lumineuse qui, par une illusion brillante, apparaît souvent comme une nappe de feu plus ou moins continue, n'est en réalité formée que d'étincelles très petites et très séparées, reflétées isolément sur les facettes des vagues. Cette illusion est un exemple du phénomène bien connu de l'irradiation des objets brillamment éclairés, qui ébranlent la rétine bien plus fortement que les objets

obscurs, et semblent à égalité de dimensions beaucoup plus larges que ces derniers.

La traînée lumineuse formée par la réflexion des astres est plus ou moins large suivant la forme et la direction des vagues ; chaque vague forme un miroir, et ce miroir, s'il est incliné sur le plan vertical, déplace à droite ou à gauche l'image de l'objet qui s'y réfléchit. Il en résulte que la traînée lumineuse peut parfois sortir tout entière du plan vertical et le dépasser à droite ou à gauche. On peut conclure de ces déplacements à la direction des vagues, et cela d'après la règle suivante : Lorsque la traînée lumineuse est à droite du plan vertical, la crête des vagues est oblique de droite à gauche et d'avant en arrière ; lorsque la traînée est à gauche, les vagues ont une direction inverse.

XXXI. GLOIRE

Si vous regardez votre ombre portée sur l'eau profonde, sur l'eau bleue, vous constatez que, comme dans le cas du spectre du Brocken, votre ombre est isolée sur l'ombre de votre bateau, et que vous ne distinguez pas l'ombre de vos compagnons de promenade, à moins qu'ils ne soient très rapprochés de vous et ne viennent à vous toucher ; le cône d'ombre est trop peu apparent sur les eaux presque pures du lac pour devenir visible autrement que lorsque le rayon visuel l'enfile presque absolument. Votre ombre est alors entourée d'une

gloire, auréole de rayons alternativement brillants et sombres qui viennent converger au centre de votre tête; lorsque vos compagnons de promenade sont assez près de vous pour que vous puissiez voir leur ombre portée sur l'eau, vous constatez que leur tête n'est point entourée de cette gloire qui vous est propre. La gloire n'est du reste pas visible si l'eau est trop louche, s'il ne fait pas de vagues, si le bateau qui vous porte est en marche rapide, ou si le soleil est trop bas sur l'horizon. Les rayons de cette gloire sont causés par l'illumination inégale des poussières en suspension dans l'eau; les poussières sont tantôt plus, tantôt moins éclairées par le soleil, suivant que les plans d'illumination sont situés sous les fragments de cylindre convexes et par conséquent convergents, ou concaves et par conséquent divergents, formés par la surface des vagues. Ces différences d'éclairage ne deviennent perceptibles que lorsque le rayon visuel enfile le plan d'illumination, et cela ne peut avoir lieu que pour les plans passant par le soleil et l'axe visuel, ou, ce qui revient au même, par le centre de l'ombre de notre tête.

XXXII. RÉFRACTIONS DE LA LUMIÈRE ET MIRAGES

La température de l'air étant le plus souvent différente de celle de l'eau, la couche inférieure de l'air, en contact immédiat avec l'eau, est ou plus

chaude ou plus froide que les couches susjacentes; il en résulte que le rayon visuel, qui rase la surface de l'eau pour voir les objets à l'horizon, est infléchi par réfraction au lieu d'être rectiligne. Il en résulte une déformation de ces objets ou un déplacement dans le sens vertical.

Les deux types principaux de ces mirages sont :

1° Le *mirage d'hiver*, quand l'eau est plus chaude que l'air. Le rayon visuel rasant l'eau est infléchi en une courbe à concavité supérieure; les objets situés au delà de la tangente à l'horizon sont soulevés au-dessus de la surface apparente du lac; ils sont légèrement déprimés et donnent une image renversée au-dessous de l'image réelle.

La convexité de la surface du lac, partie de la surface sphérique de la terre, est exagérée par ce mirage; elle devient évidente à l'œil, plus qu'elle ne l'est en réalité.

2° Le *mirage d'été*, quand l'air est plus chaud que le lac. Le rayon visuel est infléchi suivant une courbe à concavité inférieure, qui tend à se rapprocher de la surface sphérique de l'eau. Les objets situés au delà de l'horizon réel sont soulevés, et ceux qui sont cachés par la ligne de l'horizon deviennent visibles au-dessus de cette ligne. En même temps, ils sont agrandis dans le sens vertical; les corps éclairés de la côte opposée, les pierres, la grève, les arbres, apparaissent comme de grandes surfaces rectangulaires, qui semblent les quais et

les maisons d'une immense cité (les palais de la fée Morgane, *fata morgana*).

Par ce mirage, la convexité apparente de la surface du lac est diminuée ; le lac semble plat ou même concave.

Les mirages ont été étudiés sur le Léman par Ch. Dufour, L. Dufour, Forel, etc.

XXXIII. RÉFLEXION A L'HORIZON

En cas d'absence de mirage, quand il y a égalité de température de l'air et de l'eau, si le lac est parfaitement calme, la réflexion des objets à l'horizon se faisant sur l'eau qui fait partie de la surface sphéroïdale de la terre, l'image renversée de ces objets est déformée ; elle est déprimée dans le sens de la verticale. M. Ch. Dufour avait calculé que cette déformation doit être une réduction à moins du tiers de la hauteur réelle de l'image réfléchie. J'ai constaté pour la première fois ce phénomène le 2 avril 1873, et M. Charles Dufour, auquel j'ai pu montrer la démonstration dans la nature de ses déductions théoriques, en a tiré une preuve nouvelle de la rotondité de la terre.

XXXIV. RÉFLEXION DE LA CHALEUR

De même que la lumière est en partie absorbée par réfraction, en partie renvoyée par réflexion sur la surface du lac, de même la chaleur des rayons solaires est en partie réfléchie et en partie absor-

bée par l'eau, ce qui réchauffe les couches superficielles du lac. La quantité de chaleur réfléchie par le lac varie avec la hauteur du soleil sur l'horizon, avec la forme et la direction des vagues; la quantité de cette chaleur réfléchie, que peut recevoir un objet placé dans les conditions convenables près du lac, varie avec la hauteur de cet objet au-dessus du lac et avec sa distance du point de réflexion. Quant à la quantité proportionnelle de la chaleur réfléchie, elle peut être considérable et s'élever, dans les circonstances les plus favorables, aux sept dixièmes de la quantité de chaleur arrivant directement du soleil; tellement que, lorsque le soleil envoie une quantité de chaleur égale à 10 unités, un objet convenablement exposé dans le plan de réflexion peut recevoir, outre ces 10 unités de chaleur directe, encore 7 unités de chaleur réfléchie : total 17 unités. (L. Dufour.)

XXXV. CLIMAT DE LA VALLÉE DU LÉMAN

J'en donnerai les facteurs principaux en extrayant des études d'E. Plantamour les valeurs moyennes du climat de Genève de 1826 à 1875. Je résumerai dans le tableau suivant : la chaleur de l'air en degrés centigrades, — l'humidité absolue en millimètres de tension de la vapeur d'eau, — l'humidité relative en fractions centésimales de la saturation, — le nombre des jours de bise (vent du Nord), de sudois (vent du Sud), de pluie (jours dans lesquels

	Chaleur de l'air	Humidité absolue	Humidité relative	Bise Vent du Nord	Sudois Vent du Sud	Pluie Durée	Pluie Hauteur d'eau	Orages Tonnerre	Nébulosité
	degrés C.	mm.	fract. cent.	jours	jours	jours	mm.	jours	fract. cent.
Janvier	—0.08	4.15	86	4.4	3.3	10.1	48.7	0.2	79
Février	1.60	4.31	82	3.7	3.2	8.3	36.5	0.1	67
Mars	4.60	4.70	75	4.1	2.9	9.9	47.2	0.2	61
Avril	8.97	5.96	70	5.7	4.5	10.5	56.8	1.2	58
Mai	13.20	7.86	70	3.8	4.8	11.8	79.1	4.0	58
Juin	16.81	9.76	70	3.4	3.9	10.6	75.9	5.3	54
Juillet	18.81	10.86	68	3.1	3.6	9.4	70.8	5.5	44
Août	17.91	10.66	71	2.0	4.0	10.1	80.4	4.9	47
Septembre	14.66	9.61	77	2.8	3.7	10.4	94.2	2.5	49
Octobre	9.88	7.66	83	2.4	3.3	11.5	101.0	0.8	69
Novembre	4.55	5.34	83	2.3	3.9	10.8	74.0	0.2	78
Décembre	0.80	4.20	86	4.3	3.1	9.1	51.0	0.1	83
Hiver	0.83	4.22	85	12.	9.6	27.5	136.2	0.4	76
Printemps	8.92	6.17	72	13.6	12.2	32.2	183.1	5.4	59
Eté	17.84	10.43	70	8.5	11.5	30.1	227.2	15.7	48
Automne	9.70	7.54	81	7.5	10.9	32.7	269.2	3.5	66
Année	9.34	7.09	77	42.0	44.2	122.5	815.9	25.0	62

il a plu), d'orage (jours dans lesquels il a tonné,) — la hauteur totale des chutes d'eau en millimètres, — la nébulosité en fractions centésimales du ciel couvert.

Je donne les valeurs mensuelles, les valeurs des quatre saisons météorologiques (l'hiver comprenant les mois de décembre, janvier et février) et celles de l'année entière. Pour les moyennes, j'ai compté les mois comme ayant une valeur égale.

Le climat varie notablement suivant la région du lac. Ainsi : la chaleur de l'air est un peu plus élevée à Morges, et beaucoup plus à Montreux pour la moyenne annuelle et celle de l'hiver; pour l'été, il est un peu plus chaud à Genève qu'à Morges, mais un peu moins qu'à Montreux. La hauteur annuelle des chutes de pluie va en croissant de Genève jusqu'à l'extrémité orientale du lac. Le Haut-lac est bien protégé contre la bise dans la rive du Nord; il est, en revanche, frappé par la vaudaire. Pendant les jours calmes de l'hiver, les brouillards descendent à Genève jusqu'au niveau du lac; ils se relèvent à partir d'Yvoire pour flotter à 100 ou 150 m. au-dessus du Grand-lac; dès Vevey, le régime alpin donne pendant ce temps à Montreux et au Haut-lac un brillant soleil.

XXXVI. LE FOND DU LAC

Partout où la côte n'est pas rocheuse ou déformée par une moraine de blocs erratiques, partout

aussi où le talus n'est pas trop incliné, on peut retrouver, en marchant du bord au milieu du lac, les zones suivantes dont l'origine et les détails doivent être rapportés à l'action des vagues :

a. La *grève,* formée de sable et de cailloux lavés, est la partie sur laquelle les vagues déferlent. Elle est inondée par les hautes eaux de l'été; elle est à sec par les basses eaux de l'hiver.

b. La *beine,* blanc-fond plus ou moins étendu, terrasse dont la profondeur varie suivant la situation de la côte, mais qui est toujours remarquable par l'horizontalité presque parfaite de son fond. En général, la beine présente du côté de la grève une bande plus ou moins large, de nature vaseuse, où croissent les forêts des plantes aquatiques; plus en avant est une zone sableuse presque absolument dépourvue de plantes et d'animaux.

c. La beine est bordée en avant par un talus très incliné qui porte le nom de *mont*; sa hauteur varie avec la largeur de la beine et avec l'inclinaison du talus général du lac.

d. Au pied du mont commence le grand *talus* qui descend régulièrement jusqu'à la plaine horizontale du fond du lac. Au pied du mont, le sol est vaseux; plus loin, sur le talus lui-même et sur la grande plaine qui forme le plancher du lac, le sol consiste dans le limon des grands fonds.

Ce limon prodigieusement fin, formé de particules mesurant à peine un millième de millimètre,

argileux, très plastique, se laissant bien modeler et cuire, presque absolument pur de corps étrangers, présente deux couches, l'une superficielle jaunâtre, d'un centimètre environ d'épaisseur, l'autre bleuâtre, profonde; la différence de couleur entre ces deux couches provient de l'état d'oxydation différent des sels de fer. La composition chimique de ce limon devant Morges est la suivante :

Humidité	2.20
Silice et silicates	63.87
Oxyde de fer	5.20
Alumine	2.30
Acide phosphorique	traces
Chaux	10.50
Magnésie	2.06
Potasse et soude	traces
Acide carbonique	9.20
Eau chimiquement combinée et matières organiques	4.67
	100.00

(E. Risler.)

La composition de l'argile lacustre varie avec la localité; elle est plus siliceuse vers les bouches du Rhône, où elle est formée essentiellement par l'alluvion alpine; elle est plus calcaire à l'extrémité occidentale du lac où elle contient plus d'alluvion jurassique (analyses de Bischoff, Risler et Hochreutiner).

La densité de l'argile du Haut-lac, devant Clarens, est 2.68 (E. Chuard).

L'alluvion moderne recouvre tous les accidents du sol primitif. Dans une seule localité, sur la barre d'Yvoire, en plein lac, à 2 km. de la rive, et sous 60 m. d'eau, je connais une moraine dont la crête fait saillie sous cet empâtement général. Il faut admettre que l'alluvion lacustre y est enlevée par les courants, probablement par les courants de retour des grands vents.

Les pierres de cette moraine sont revêtues d'une mousse, le Thamnium alopecurum Schimper (détermination de M. J.-B. Schnetzler). Elle est brillamment chlorophyllée, et indique ainsi une action efficace de la lumière.

La moraine d'Yvoire est la station favorite de l'Omble-chevalier.

L'argile lacustre ne contient en fait de corps étrangers que :

1° Les animaux et débris d'animaux vivants et morts des faunes profonde et pélagique.

2° Les débris végétaux qui après avoir flotté sur les eaux ont sombré dans les fonds.

3° Les scories de coke des fournaises des bateaux à vapeur.

4° A moins d'un kilomètre de la rive, quelques pierres, graviers et sables transportés par les racines des arbres flottant sur le lac ou par les glaces de rivière ou de rivage ; plus en avant ce transport

n'existe plus, et l'on n'y rencontre que les débris tombés accidentellement hors des barques et bateaux.

XXXVII. FAUNE DES VERTÉBRÉS

Nous laissons de côté tout ce qui se rapporte aux rivages et aux affluents.

Oiseaux. Nous n'avons sur le lac que deux espèces stationnaires, c'est-à-dire séjournant toute l'année dans le pays : La Mouette rieuse, Larus ridibundus, est un oiseau de passage qui nous vient de l'Océan en automne et y retourne au printemps ; quelques individus cependant passent l'été sur le lac et y nichent. Le Cygne, Cygnus olor, a été introduit à l'état domestique à Genève, en 1838 ; cette espèce s'est répandue sur le lac vers l'année 1857 et depuis lors elle s'y reproduit en liberté. En 1868 une variété intéressante de ce Cygne a commencé à apparaître sur notre lac, et chaque année on peut en voir quelques exemplaires ; les petits appartenant à cette variété ont leur premier duvet d'un blanc jaunâtre et leurs premières plumes d'un blanc pur, tandis que normalement les jeunes Cygnes sont gris ou bruns pendant leur première année.

Outre ces espèces stationnaires nous indiquerons, d'après Necker, comme étant de passage régulier, c'est-à-dire arrivant normalement et en nombre chaque année, à une saison différente pour

chaque espèce : La Poule d'eau, Gallinula chloropus; les Canards sauvage, pilet, morillon, milouin, siffleur, souchet, garrot, Anas boschas, A. acuta, A. fuligula, A. ferina, A. penelope, A. clypeata, A. clangula; les Oies sauvage et cendrée, A. segetum, A. anserferus; les Sarcelles d'été et d'hiver, A. querquedula, A. crecca; les Harles huppé, piette et le grand Harle, Mergus serratus, M. albellus, M. merganser; les Mouettes à pieds bleus et rieuse, Larus canus, L. ridibundus; le Goëland à pieds jaunes, L. fuscus; les Hirondelles de mer pierre-garin et épouvantail, Sterna hirundo, S. atra; les Plongeons cat-marin, lumme et imbrin, Colymbus septentrionalis, C. arcticus, C. glacialis; les Grèbes castagneux, jougris et huppé, Podiceps minor, P. rubricollis, P. cristatus.

A cette liste, on pourrait encore ajouter une trentaine d'espèces qui sont de passage accidentel et viennent isolément s'offrir au plomb des chasseurs heureux.

Reptiles. La Tortue, Cistudo europea (?).

Poissons (G. Lunel). La Perche, Perca fluviatilis; le Chabot, Cottus gobio; la Lotte, Lota vulgaris; la Carpe, Cyprinus carpio; la Tanche, Tinca vulgaris; le Goujon, Gobio fluviatilis; l'Ablette, Alburnus lucidus; le Spirlin, A. bipunctatus; le Rotengle, Scardinius erythrophthalmus; le Gardon, Leuciscus ru-

tilus; la Chevaine, Squalius cephalus; la Féra, Coregonus fera; la Gravenche, C. hiemalis; l'Ombre, Thymallus vulgaris; l'Omble-chevalier, Salmo umbla; la Truite, Trutta variabilis; le Brochet, Esox lucius; l'Anguille, Anguilla vulgaris.

XXXVIII. PARASITES DES POISSONS

Crustacés. Argulus foliaceus.

Nématodes. Ascaris capsularia, A. acus, A. truncatula, A. tenuissima, A. adiposa, Dipharagus denudatus, D. filiformis, Cucullanus elegans.

Acanthocéphales. Echinorhynchus angustatus, E. proteus, E. clavæceps.

Trématodes. Monostoma marænulæ, Distoma globiporum, D. tereticolle, D. rosaceum, D. folium, D. nodulosum, D. longicolle, Tetracotyle percæ, Diplostomum volvens, Diplozoa paradoxum, Sporocystis cotti.

Cestodes. Toenia longicollis, T. ocellata, T. filicollis, T. salmonis-umblæ, T. torulosa, Cyathocephalus truncatus, Caryophyllæus mutabilis, Dibothryum ligula, Bothryocephalus infundibiliformis, Triænophorus nodulosus, Tetrarhynchus lotæ (d'après F. Zschokke).

XXXIX. FAUNES DES INVERTÉBRÉS

Les animaux invertébrés qui vivent dans le lac peuvent être divisés en trois groupes : les faunes *littorale, pélagique* et *profonde*.

Les espèces ont été étudiées et déterminées entre autres par MM. H. Blanc, A. Brot, E. Bugnion, S. Clessin, F.-A. Forel, L. Graff, E. Grube, G. Haller, A. Humbert, O.-E. Imhof, H. Lebert, A. Lutz, D. Monnier, Osten-Sacken, G. du Plessis, H. Vernet.

XL. FAUNE LITTORALE

Elle est formée des animaux vivant sur les bords, dans les eaux superficielles, à moins de 10 m. de fond. L'on peut établir comme suit les conditions de milieu de cette faune : Fond rocailleux, vaseux ou sableux, eaux éclairées, agitées par les vagues et les courants, à température variable suivant les saisons, sous une pression faible ; en été une riche végétation de plantes aquatiques fournit aux animaux une nourriture abondante. Les caractères de cette faune sont ceux des faunes lacustres classiques. Je citerai comme appartenant à ce groupe :

Arthropodes. Insectes. Haemonia equiseti, Sigara lemani, larves de Chironomus, Tanypus, Anopheles, Hydroptiles, Polycentropus, Tinodes lurida, Syzira spongillæ, etc.

Arachnides. Arrhenurus sinuator, A. globator, Axona versicolor, Forelia cassidiformis, F. abumberti, Hygrobates nigro-

maculatus, Limnesia histrionica, L. pardina, L. undulata, Nesæa binotata, N. nodata, A. spinipes, A. crassipes, A. upsilophora.

Crustacés. Astacus fluviatilis, Gammarus pulex, Eurycercus lamellatus, Camptocercus macrourus, Acroperus leucocephalus, A. striatus, Alona grisea, A. acanthocercoïdes, Alonella excisa, Pleuroxus personatus, P. trigonellus, P. truncatus, Chydurus sphæricus, Acanthocercus sordidus, Daphnia mucronata, Simocephalus vetulus, Sida crystallina, Candona lucens, Cypris ovum, Diaptomus castor, Cyclops brevicaudatus, C. serrulatus, Canthocamptus staphylinus.

Mollusques. Gastéropodes. Limnæus stagnalis, L. auricularius, L. minutus, Planorbis marginatus, P. albus, Valvata piscinalis, Bythinia tentaculata, Ancylus fluviatilis, A. lacustris.

Lamellibranches. Anodonta anatina, A. pictetiana, A. cygnea, A. cellensis, Cyclas cornea, Pisidium amnicum, P. henslowianum, P. pulchellum.

Vers. Annélides. Stylaria proboscidea, Naïs elinguis, Sænuris rivulorum, Bathynomus lemani, Chætogaster vermicularis, Clepsine bioculata, C. complanata, C. marginata, Nephelis vulgaris.

Bryozoaires. Fredericella sultana.

Nematoïdes. Mermis aquatilis, M. chironomii, Dorylaimus stagnalis, Trilobus gracilis.

Cestoïdes. Ligula simplicissima.

Rotateurs. Floscularia ornata, Bracchion.

Turbellariés. Stenostoma unicolor, Prorhynchus stagnalis, Mesostomum lingua, M. Ehrenbergii, M. pusillum, M. rostratum, M. viridatum, M. sulphureum, Gyrator hermaphroditus, Monotus morgiensis, Plagiostomum lemani, Dendrocoelum lacteum, D. fuscum, D. quadrioculatum.

Cœlentérés. Hydraires. Hydra fusca, H. grisea, H. aurantiaca, H. rubra, H. viridis, H. oligactis.

Spongiaires. Spongilla fluviatilis.

Protozoaires. Infusoires. Vorticella convallaria, Ophrydium versatile, Zoothamnium arbuscula, Carchesium polypinum, Stentor cœruleus, S. polymorphus, S. Roeselii, Spirostomum ambiguum, Bursaria truncatella.

Rhizopodes. Amoeba, Difflugia, Arcella, Actinophrys.

XLI. FAUNE PÉLAGIQUE

Elle est formée d'animaux vivant en plein lac, loin des côtes, à la surface pendant la nuit quand le lac est calme, entre deux eaux, de 5, à 10, à 100 m.

de profondeur quand le lac est trop agité et pendant le jour. Les conditions de milieu sont les suivantes : Pression variable, lumière brillante, température variable, agitation de l'eau nulle, flore très pauvre, nourriture très pauvre. Ce sont des animaux transparents, hyalins comme du cristal, ornés de quelques points très brillamment pigmentés, noirs, rouges, ou bleus, en général très bons nageurs. Cette faune est pauvre en espèces, prodigieusement riche en individus. Nous lui connaissons les espèces suivantes :

Arthropodes. Arachnides. Atax crassipes.

Crustacés. Daphnia hyalina, D. mucronata, Bosmina longispina, Bythotrephes longimanus, Leptodora hyalina, Diaptomus castor.

Vers. Rotateurs. Asplanchna helvetica, Conochylus volvox, Anurea longispina, A. cochlearis.

Protozoaires. Infusoires. Vorticella convallaria, Epistylis lacustris, Acineta elegans.

Flagellés. Dinobryum divergens, D. cylindricum.

Cilio-flagellés. Peridinium tabulatum, Ceratium hirundinella.

A ces Invertébrés nous pouvons ajouter, comme rentrant dans la faune pélagique, les Vertébrés suivants :

Oiseaux. Palmipèdes nageurs.

Poissons. Les Corégones, l'Omble-chevalier, et les carnassiers qui les poursuivent.

XLII. FAUNE PROFONDE

Elle est formée des animaux qui vivent sur et dans le limon des grands fonds, depuis 25 m. à 330 mètres de profondeur. Cette faune vit dans les conditions de milieu suivantes : Pression considérable, température basse, invariable, lumière nulle, agitation nulle, flore très pauvre, nourriture peu abondante. Ce sont en général des formes petites, à coloration pâle et terne ; quelques-uns de ces animaux sont aveugles ; ils sont paresseux et peu agiles, et n'ont pas d'organes fixateurs. Nous pouvons citer :

Arthropodes. Insectes. Larves de Chironomus et de Tanypus.

Arachnides. Higrobates longipalpis, H. nigro-maculatus, Lebertia tau-insignita, Limnesia pardina, Nesæa Koenikei, N. reticulata, Asperia lemani, Atax crassipes, Halacarus, Arctiscon tardigradum.

Crustacés. Gammarus pulex, Niphargus Forelii, Asellus Forelii, Sida crystallina, Moina bathycolla, Eurycercus lamellatus, Camptocercus macrourus, Alona quadrangularis, Pleuroxus, Candona similis, C. lucens, Cypris minuta, Acanthopus resistans,

A. elongatus, Cyclops magniceps, C. brevicornis, Canthocamptus staphylinus, C. minutus.

Mollusques. Gastéropodes. Limnæa profunda, L. abyssicola, L. Foreli, Valvata lacustris.

Lamellibranches. Pisidium Foreli, P. profundum.

Vers. Annélides. Piscicola geometra, Tubifex rivulorum, Sænuris velutina, Bythonomus lemani.

Nématoïdes. Mermis aquatilis, Dorylaimus stagnalis, Trilobus gracilis.

Cestoïdes. Ligula simplicissima.

Turbellariés. Macrostoma hystrix, Microstoma lineare, Prorhynchus stagnalis, Mesostoma productum, M. lingua, M. Ehrenbergii, M. pusillum, M. rostratum, M. viridatum, M. sulphureum, M. trunculum, Gyrator coecus, Monotus morgiensis, Plagiostoma lemani, Vortex intermedius, Dendrocoelum lacteum, D. fuscum.

Bryozoaires. Fredericella Duplessis.

Rotateurs. Floscularia ornata, Notommata tigris.

Coelentérés. Hydra rubra.

Protozoaires. Infusoires. Spirostomum ambiguum, Stentor coeruleus, S. polymorphus, S. Roeselii, Zoothamnium arbuscula,

Epistylis lacustris, Acineta elegans, Podophrya cyclopum.

Rhizopodes. Actinosphaerium Eichhornii, Actinophrys sol, Pamphagus hyalinus, Acanthocystis spinifera, A. turfacea, Rhaphidiophrys pallida, Arcella vulgaris, Hyalosphemia cuneata, Difflugia acuminata, D. globulosa, D. urceolata, D. piriformis, Centropyxis aculeata, Cyphoderia ampulla, Quadrula symmetrica, Amoeba proteus, A. verrucosa, A. radiosa, Anisonema grande.

XLIII. FLORES

Nous diviserons, d'après les régions du lac, les représentants du règne végétal qui vivent dans le Léman, en trois flores distinctes; les conditions de milieu sont les mêmes que celles que nous venons d'indiquer pour les faunes.

Les déterminations sont tirées des notes de MM. J. Brun, F. Girardet, J. Müller, Arg., J.-B. Schnetzler, G. Rey.

XLIV. FLORE LITTORALE

Les plantes qui habitent la région littorale du Léman peuvent se diviser en plusieurs groupes :

1° La Grève submergée, c'est-à-dire la région qui est inondée par les hautes eaux de l'été, mais qui est à sec en hiver, présente les plantes suivantes :

Phanérogames. Dicotylédones. Ranunculus aquatilis, R. trichophyllus, R. Drouettii, R. divaricatus, Oenanthus Lachenalii, Littorella lacustris, Polygonum amphibium.

Monocotylédones. Typha latifolia, Potamogeton natans, P. fluitans, P. heterophyllus, Caulinia fragilis, Lemna trisulca, L. minor, L. gibba, L. polyrhiza, Arundo phragmites, Carex striata.

Cryptogames. Nitella hyalina, Chara aspera.

2° Dans les parties vaseuses de la beine, il se développe en été de véritables forêts de plantes annuelles qui disparaissent en hiver : Ranunculus aquatilis, Myriophyllum pectinatum, M. spicatum, Ceratophyllum submersum, C. densum, Potamogeton crispus, P. perfoliatus, P. lucens, P. decipiens, P. pusillus, P. pectinatus, Elodea canadensis, cette dernière espèce d'importation récente.

3° Les gazons de Characées des fonds vaseux contiennent : Chara ceratophylla, C. contraria, C. foetida, C. hispida, C. aspera, C. fragilis, Nitella syncarpa, N. capitata, N. opaca, N. flexilis, N. foreliana.

4° Les tapis mousseux qui revêtent les pierres et les bois submergés sont formés de Cladophora glomerata, Ulothrix tenuis, U. tenerrima, Oscillaria limosa; on y trouve accidentellement

Chætophora endiviæfolia, Batrachospermum moliniforme, Bulbochæte setigera, etc.

Dans quelques régions ce tapis revêt un caractère d'incrustation calcaire et contient Zonotrichia (Euactis) calcivora et Hydrocoleum calcilegum.

5° Les algues flottantes apparaissent pendant quelques semaines de la saison chaude : Protoderma viride (février—mai), Ulothrix zonata, Conferva globulifera, C. fontinalis (mars—juin), Pandorina morum (juin—juillet).

6° Les mousses de la moraine sous-lacustre d'Yvoire entre 50 et 60 m. de fond : Thamnium alopecurum.

7° Les algues inférieures qui végètent en abondance sur la vase et les corps immergés du lac. Diatomées, Desmidiacées, Vaucheriées, Oscillariées, Palmellacées, etc. Les Diatomées en particulier sont très abondantes. M. Brun cite les suivantes comme habitant normalement le lac. Achnantes flexella, Cocconeis pediculus, C. placentula, Gomphonema intricatum, Himantidium pectinale, Cymbella cymbiformis, C. lanceolata, C. helvetica, C. maculata, C. gracilis, Navicula dicephala, N. elliptica, Mastogloïa Smithii, Tryblionella angustata, Nitschia communis, N. linearis, Denticula frigida, Diatoma elongatum, D. vul-

gare, Fragilaria capucina, Synedra vaucheriæ, S. tenuis, S. ulna, S. gracilis, Cyclotella operculata, C. kützingiana, Melosira varians.

XLV. FLORE PÉLAGIQUE

Des millions et des milliards d'Algues, flottant près de la surface de l'eau, en plein lac, petits flocons verts ou verdâtres, gros comme des graines de pavots, représentent la flore pélagique que l'on peut retrouver pendant toute l'année, aussi bien en hiver qu'en été. Les Algues pélagiques n'appartiennent qu'à deux espèces : Pleurococcus angulosus et Anabæna circinalis. Cette dernière espèce sert de support à l'Infusoire que nous avons cité à propos de la faune pélagique, à la Vorticella convallaria.

XLVI. FLORE PROFONDE

Elle habite la région profonde du lac, mais ne descend pas au delà de la zone éclairée, 45 m. en été et 100 m. en hiver. Nous avons à citer :

Algues. Pleurococcus roseo-persinicus, Oscillaria subfusca, O. versatilis.

Diatomées en très grand nombre d'espèces, qui ne diffèrent pas de celles que nous avons énumérées dans la flore littorale, ou de celles qui vivent dans les eaux terrestres du pays. C'est accidentelle-

ment qu'elles arrivent dans le lac; aucune espèce spéciale n'indique une flore locale particulière.

Enfin, de très petites Palmellacées, Palmella hyalina, forment par leur développement prodigieux une couche brunâtre qui recouvre le fond partout où la lumière pénètre, et renfermant dans ses mailles les autres Algues et Diatomées, mérite le nom de *feutre organique*, tellement elle est dense et serrée.

XLVII. FLORAISON DU LAC

Vers le milieu du mois de mai, on peut voir parfois la surface du lac couverte par places d'une poussière jaunâtre que les riverains appellent la *fleur du lac*. Ce phénomène a été expliqué par M. Schnetzler, qui a reconnu dans ces petites granulations jaunâtres le pollen des sapins et des pins apporté des Alpes par les vents et par les affluents du lac. Des faits analogues ont été observés sur les lacs du Nord et sur la Baltique.

XLVIII. CITÉS LACUSTRES PRÉHISTORIQUES

A la suite de l'heureuse découverte de F. Keller, qui reconnut, en janvier 1854, dans les pilotis de Meilen, au lac de Zurich, les restes d'un village bâti sur le domaine des eaux, et par une hardie généralisation conclut à l'existence, dans les époques antéhistoriques, de peuplades habitant sur les rivages des lacs des bourgades de bois établies sur

pilotis, on a étudié dans tous les lacs du centre de l'Europe les ruines de ces *cités lacustres*. Ces constructions ont été utilisées pendant de longues suites de siècles, et la civilisation s'est lentement développée depuis les plus anciennes aux plus récentes, soit par les inventions du progrès et par des découvertes indigènes, soit par l'apport de produits nouveaux introduits par le commerce ou le pillage dans des expéditions à l'étranger. On distingue dans la période lacustre des âges différents, caractérisés par les matériaux en usage pour la confection des outils, instruments et ornements, et l'on peut établir la série chronologique suivante :

1° L'*âge de la pierre* (âge de la pierre polie, âge néolithique, époque *robenhausienne*) est la période précédant l'invention ou l'importation de métaux.

2° Une période *de transition*, appelée par G. de Mortillet l'époque *morgienne* d'après la station des Roseaux de Morges, est remarquable par l'introduction des premiers instruments de bronze, au milieu d'une civilisation appartenant encore entièrement à l'âge de la pierre.

3° L'*âge du bronze*, époque *larnaudienne* de Mortillet, *bel âge du bronze* de Desor, avait pour métal d'usage le précieux alliage du cuivre et de l'étain. Il était remarquable par un brillant essor de l'industrie et par l'élégance vraiment artistique des dessins et des formes.

4° A la fin de l'âge du bronze, le fer a commencé

à apparaître, d'abord sous la forme de métal précieux, employé pour l'ornementation de pièces de grande valeur, puis pour la confection d'outils de plus en plus abondants.

5° Une invasion violente d'un peuple conquérant a détruit les dernières stations du bronze, et notre pays est devenu la proie des Helvétiens, tribu de la grande nation gauloise, quelques siècles avant l'ère chrétienne. Une station du lac de Neuchâtel, ruine d'un oppidum ou d'un port militaire, a servi à caractériser cette période helvétienne, où la civilisation de l'âge du fer était dans une brillante floraison, et lui a fait donner le nom d'*époque de la Tène.* Cette époque est mal représentée sur les bords du lac Léman.

Quant aux ruines des cités lacustres, elles consistent surtout dans les restes des pilotis plantés dans le sol, par une profondeur de 2 à 6 m. d'eau ; entre les pilotis, on trouve des débris de poutres plus ou moins carbonisées, des fragments de poteries, des armes, des objets de parure, des ustensiles, des os d'animaux, etc. Une étude attentive a permis de reconstruire, à l'aide de ces restes antiques, les traits généraux et les détails de la civilisation et de la vie de peuplades, ignorées jusqu'alors par l'histoire et oubliées par la tradition.

Voici les noms et l'âge archéologique des principales stations lacustres connues sur les bords du lac Léman :

Rive droite.

Station du Creux de Plan, Vevey. . . .	?
» de Cully	?
» de la Pierre de Cour s. Lausanne	Bronze.
» du Flon	»
» de la Venoge, Saint-Sulpice . .	Bronze.
» des Roseaux de Morges, type de l'âge morgien de Mortillet	Transition.
» de l'église de Morges	Pierre.
Grande cité de Morges	Bronze.
Station de la poudrière de Morges . . .	Pierre.
» de Fraidaigue près Saint-Prex. .	»
» de Saint-Prex	Bronze.
» de l'île de Rolle	Pierre, bronze.
» de Beaulieu, près Rolle	Bronze.
» du Chataignier, Dully	Pierre.
» du Creux de la Dullive	Bronze.
» de Promenthoux près Nyon . .	Pierre.
» de Nyon	Bronze.
» de Céligny	»
» de Coppet	»
» de Mies	»
» de Versoix	Bronze.
» de Bellevue	Pierre.
» des Pâquis, Genève	»
Grande cité de Genève	Bronze.

Rive gauche.

1re station de Thonon	Pierre.

2e station de Thonon	Bronze.
Station de Coudré, Sciex	Pierre.
» de Moulin-Paquis, Excénevrex .	?
1re station de Nernier	Pierre.
2e » »	Bronze.
Station de Messery.	»
» du Creux de Tougues	»
» de Beauregard	Fer (?)
» de la Fabrique	?
» de la Vie à l'Ane, Hermance . .	Bronze.
» d'Anières	»
» de la Gabiule	Pierre, bronze.
» de Bellerive	»
» de la Pointe de la Bise	Transition.
» de la Belotte	Pierre et bronze.
» de Plongeon	Fer.
» des Eaux-Vives	Pierre.
Grande cité de Genève	Bronze.

XLIX. NAVIGATION

Le commerce et la pêche ont construit sur le lac Léman des types spéciaux de bateaux qui sont originaux et peuvent se décrire comme suit :

1° La *barque*, navire marchand de 120 à 180 tonneaux, à fond plat, légèrement concave d'avant en arrière, avec une quille peu saillante ; ses bords sont évasés, sa proue inclinée, proéminente, relevée, terminée en pointe aiguë ; sa poupe est carrée, verticale. C'est un navire ponté, à un seul

pont, sans cloisons intérieures ; il n'a pas de bastingages, mais des galeries latérales extérieures (*appoustis*) occupant toute la longueur du navire jusqu'au mât d'avant. La barque porte deux mâts, d'une seule tige, le *grand mât* vertical, au milieu de la longueur du navire, le *mât de trinquet*, légèrement incliné en avant, à l'origine de la proue. Chacun de ces mâts porte une grande voile triangulaire, voile latine, montée sur une vergue conique, d'une seule tige. Les mâts n'ont pas de haubans ; les vergues sont soutenues par des drisses. Un grand gouvernail carré descend à 0.5 m. au-dessous de la quille. La barque ne porte pas de lest ; elle est servie par un petit bateau plat qu'elle remorque. Elle a pour équipage un patron et deux ou trois bateliers.

Une grande barque m'a donné les mesures suivantes : longueur 27.5 m., largeur au maitre-bau 7.0 m., hauteur des mâts 20 m., longueur des vergues 28 m.

Les barques en pleine charge tirent 1.6 à 2 m. d'eau.

Dans le dernier quart du XIXe siècle, la forme des barques s'est perfectionnée : la quille a été faite plus saillante, la proue a été abaissée, et le navire, rendu meilleur voilier, peut courir des bordées et gagner légèrement sur le vent.

2° La *cochère*, de même forme que la barque, mais de dimensions moitié moindres, ne jauge-

guère plus de 30 tonneaux. Elle n'est pontée qu'à l'avant et n'a pas de quille; elle a deux bancs entre les mâts; elle n'a point d'appoustis ni de bateau de service. Elle est armée de deux voiles latines, d'un gouvernail et de rames, à savoir deux grands avirons à l'avant, et une rame rectrice à bâbord-arrière.

3° Le *bateau* de pêche, de même forme que la cochère, de 6 à 8 m. de longueur, 2 m. de largeur, avec 2 ou 3 avirons à tribord en avant, et une rame rectrice à l'arrière, à bâbord ; sans gouvernail.

4° La *liquette*, petit bachot à fond plat transversalement, concave longitudinalement, à bords évasés de 30 cm. de hauteur, rétréci et taillé en carré aux deux extrémités. Un banc et une paire de rames, pas de gouvernail.

5° Le *noie-chrétien*, réduction de la liquette.

Outre ces types indigènes, les constructeurs ont introduit les bateaux en usage dans d'autres eaux, en les modifiant parfois et en les adaptant aux conditions de notre lac : yacht, cutter, canot, péniche de chasse, de course, de promenade, yole, skiff, etc.

Les bateaux à vapeur ont été inaugurés sur le Léman en 1823. La Compagnie générale de navigation, qui fait le service des voyageurs et des marchandises sur l'ensemble du lac, possède en 1886 une flotte de 15 navires à roues, dont la charge maximale varie de 350 à 1200 passagers, avec des

machines de la force de 30 à 140 chevaux. La Compagnie veveysanne de navigation a trois bateaux à hélice de 30 à 50 tonneaux de charge.

Une trentaine de yachts à vapeur appartiennent à divers particuliers pour la navigation de plaisance.

L. BIBLIOGRAPHIE

Il ne pouvait entrer dans le plan de cette esquisse de donner ni détails ni démonstrations. Je prends sous ma responsabilité tous les faits et théories pour lesquels je n'indique pas de nom d'auteur ; j'en offre la justification dans les mémoires suivants [1] :

Note sur la carte hydrographique du lac Léman. Archives de Genève LII, 5, 1874.

Ravins sous-lacustres des fleuves glaciaires. Comptes rendus Acad. sc. Paris, 1885.

Ténevières des lacs suisses. Arch. Genève I 430, 1879.

Contributions à la limnimétrie du Léman, séries I à V. Bull. Soc. Vaud. sc. nat. XIV à XVII, Lausanne, 1877 à 1881.

Comparaison du débit du Rhône de Genève avec l'eau météorique, ibid. X 445, 1870.

Etudes sur les seiches du Léman. I et II, ibid. XII 213, 1873, XIII 510, 1875.

Discours sur les seiches, vagues d'oscillation fixe des lacs. I et II. Actes de la Soc. helv. sc. nat. 1875 Andermatt, 1878 Berne.

Limnimètre enregistreur de Morges. Arch. Genève LVI 305, 1876.

Formule des seiches, I et II, ibid. LVII 278, 1876. XIV 203, 1885.

Essai monographique sur les seiches du Léman, ibid. LIX 50, 1877.

Cause des seiches, ibid. LXIII 113, 1878.

(1) S'adresser à la librairie H. Georg à Genève, Bâle et Lyon.

Seiches dicrotes, ibid. III, 5, 1880.

Seiches et vibrations des lacs et de la mer. Assoc. française, congrès de Montpellier, 1879.

Les seiches des lacs. Guide scientifique, 1885.

Les rides du fond du Léman. Arch. Genève X 39, 1883.

Les taches d'huiles du Léman. Bull. Soc. Vaud. sc. nat. XII 148, 1873.

Les brises du Léman, ibid. X, 668, 1870.

Variation de transparence des eaux du Léman. Arch. Genève LIX 137, 1877.

Température des lacs gelés. Comptes rendus Acad. sc. Paris, 1880.

Recherches sur la température du Léman. I et II. Arch. Genève III 501, IV 89, 1880.

Congélation des lacs suisses et savoyards. Echo des Alpes XVI 94 et 149, Genève 1880.

Inclinaison des couches isothermes dans les eaux profondes du Léman. Comptes rendus Acad. sc. Paris, 1886.

La gloire du lac Léman. Bull. Soc. Vaud. sc. nat. XIII 357, 1874.

La moraine sous-lacustre d'Yvoire. Comptes rendus Acad. sc. Paris, 1886.

Faux albinisme des jeunes Cygnes de Morges, Soc. Vaud. sc. nat. X 132, 1868.

Maladie épizootique des Perches du Léman, ibid. IX 599, 1867.

Le typhus des Perches. Bull. soc. méd. Suisse romande, 1868.

Enquête sur le typhus des Perches. Bull. Soc. Vaud sc. nat. XIII 400, 1873.

Beiträge zur Entwicklungsgeschichte der Najaden, Würzbourg, 1867.

La faune profonde des lacs suisses. Nouv. mém. de la Soc. helv. sc. nat. XXIX, 1885.

Matériaux pour l'étude de la faune profonde du Léman, introduction et séries I à VI. Bull. Soc. Vaud. sc. nat. X à XVI, 1869 à 1879.

Discours sur la faune profonde du Léman. I et II. Actes Soc. helv. sc. nat. Schaffhouse 1873, Coire 1874.

Faunistische Studien in den Süsswasserseen der Schweiz. Zeitschr. f. wiss. Zool. Suppl. Band XXX 383, Leipzig, 1878.

Faunes lacustres de la région subalpine. Assoc. française, congrès de Montpellier, 1879.

Pelagische Fauna der Süsswasserseen. Biolog. Centralblatt, II 299, Erlangen, 1882.

Faune pélagique des lacs d'eau douce. Arch. Genève VIII 230, 1882.

Essai de chronologie archéologique. Bull. Soc. Vaud. sc. nat. X 559, 1870.

Rapports sur les stations lacustres du lac Léman, in Keller's Berichte über die Pfahlbauten VI 290, 1866. VII 42, 1876. IX, 1886.

et dans les procès-verbaux des séances de la Société vaudoise et de la Société helvétique des sciences naturelles, de la Société de physique de Genève, etc.

Les recueils où sont rassemblés les travaux des naturalistes suisses sur le Léman sont essentiellement :

Les Bulletins de la Société vaudoise des sciences naturelles, Lausanne ; les Mémoires de la Société de physique et d'histoire naturelle de Genève ; les Actes et Mémoires de la Société helvétique des sciences naturelles ; la Bibliothèque universelle (Sciences et Arts) et les Archives des sciences physiques et naturelles (Archives de Genève).

Les études d'ensemble sur le lac Léman qui méritent d'être consultées sont :

J.-C. Fatio de Duillier. Remarques sur l'histoire naturelle des environs du lac de Genève. *in* Spon. Histoire de Genève. II 449, Genève 1730.

H.-B. de Saussure. Le lac de Genève, Ier chapitre de ses Voyages dans les Alpes, I, 4. Neuchâtel, 1779.

Le doyen Bridel. Essai sur le lac Léman. *in* Conservateur Suisse. V, 5, Lausanne, 1814.

Martignier et de Crousaz. Dictionnaire historique et géographique du Canton de Vaud. Art. Lac Léman. Lausanne, 1867.

A. Favre. Le lac de Genève. Appendice à la Description géologique du canton de Genève, II 127. Genève, 1880.

Ch. Lenthéric. Le Léman. Avignon, 1885.

TABLE DES MATIÈRES

		Pages
I.	Situation	1
II.	Altitude	1
III.	Forme	2
IV.	Division	2
V.	Dimensions	3
VI.	Relief du bassin du lac	4
VII.	Ravin sous-lacustre du Rhône	5
VIII.	Affluents	6
IX.	Variations annuelles de la hauteur du lac	8
X.	Emissaire du lac	10
XI.	Limnimètres	11
XII.	Pente du lac	12
XIII.	Dénivellations locales constantes	12
XIV.	Dénivellations locales temporaires	13
XV.	Courants	14
XVI.	Seiches	16
XVII.	Vagues du vent	20
XVIII.	Rides de fond	22
XIX.	Vibrations du lac	23
XX.	Taches d'huile	23
XXI.	Vents	24
XXII.	Vents généraux	24
XXIII.	Vents d'orage	26
XXIV.	Brises	27
XXV.	Les eaux. Analyse chimique	28

Pages

XXVI. Couleur de l'eau 29
XXVII. Transparence de l'eau 30
XXVIII. Température, soit chaleur des eaux 31
XXIX. Transmission du son dans l'eau 37
XXX. Couleur apparente 37
XXXI. Gloire 41
XXXII. Réfractions et mirages 42
XXXIII. Réflexion à l'horizon 44
XXXIV. Réflexion de la chaleur. 44
XXXV. Climat de la vallée du Léman. 45
XXXVI. Le fond du lac. 47
XXXVII. Faune des vertébrés 51
XXXVIII. Parasites des poissons 53
XXXIX. Faune des invertébrés 54
XL. Faune littorale 54
XLI. Faune pélagique 56
XLII. Faune profonde 58
XLIII. Flores 60
XLIV. Flore littorale 60
XLV. Flore pélagique 63
XLVI. Flore profonde 63
XLVII. Floraison du lac 64
XLVIII. Cités lacustres préhistoriques 67
XLIX. Navigation 68
L. Bibliographie 71

MARIGNAC, M.-C. *Recherches sur la proportion de matière organique contenue dans l'eau du Rhône* à la sortie du lac Léman et sur ses variations. In-8°. 1884 . . . . . 2 fr.

PLANTAMOUR, E. *Notice sur la hauteur des eaux du lac* d'après les observations faites à Genève de 1863 à 1873. In-4°. 1874 . . . . . 3 fr.

— *Observations limnimétriques faites à Genève de 1806 à 1880.* In-4°. 1881 . . . . . 4 fr.

— *Remarques* sur le rapport présenté au Conseil d'Etat du canton de Vaud par Pestalozzi et Legler sur l'écoulement du Rhône à Genève. 1880 . . 3 fr.

— *Remarques critiques* sur les rapports présentés en 1881 au Conseil d'Etat du canton de Vaud par MM. Favre, Pestalozzi et Legler sur la question du lac. 1881 . . . . . 5 fr.

PLANTAMOUR, E. *Du climat de Genève.* (Observations météorologiques de 1826 à 1860.) In-4°. 1863. 10 fr.

— *Des anomalies de température observées à Genève* pendant les 40 années 1826 à 1845. In-4°. 1867. 5 fr.

— *Nouvelles études sur le climat de Genève.* 1876. 15 fr.

LORIOL, P. DE. *Description des animaux invertébrés fossiles*, contenus dans l'étage néocomien moyen du Mont Salève. In-4°. 22 planches. 1863 . . 40 fr.

PICTET, J.-F. *Matériaux pour la paléontologie suisse.* 6 volumes in-4°, renfermant 3286 pages de texte, 367 planches et plusieurs cartes. Prix complet, relié . . . . . 640 fr.

DOLLFUS-AUSSET. *Matériaux pour l'étude des glaciers.* 1863-1873. 13 vol. gr. in-8° et atlas in-f°. (Ouvrage terminé ; publié à 300 fr.) . . . . . 200 fr.

Tome Ier en 4 parties. Auteurs qui ont traité des hautes régions des Alpes et des glaciers et sur quelques questions qui s'y rattachent . . . . . à 20 fr.
Tome II. Hautes régions des Alpes, Géologie, Météorologie, Physique du globe . . . . . 20 fr.
Tome III. Phénomènes erratiques . . . . . 20 fr.
Tome IV. Ascensions . . . . . 20 fr.
Tome V. Glaciers en activité, 1re partie . . . . 20 fr.
Tome VI. » 2e » . . . . 20 fr.
Tome VII. Tableaux météorologiques . . . . . 20 fr.
Tome VIII en 3 parties. Observations météorologiques et glaciaires à la station de Dollfus-Ausset, au col du Saint-Théodule (3350 m. alt.) du 1er août 1865 au 1er août 1866 . . . . . à 20 fr.
Atlas de 40 planches . . . . . 40 fr.

FATIO, V. *Faunes des vertébrés de la Suisse.* Vol. I. Mammifères. In-8°. 8 planches . . . . . 16 fr.

Vol. III. Reptiles et batraciens. In-8°. 5 planches . . . . . 18 fr.

Vol. IV. Poissons. Ire partie. In-8°. 5 planches . . . . . 25 fr.

FOREL, Dr AUG. *Les Fourmis de la Suisse.* Systématique, notices anatomiques et physiologiques, architecture, distribution, géographie, nouvelles expé-

riences et observations de mœurs. In-4°, 452 pages avec 2 planches. 1874 . . . . . 15 fr.

*** Monographie épuisant le sujet complètement, voir *Revue des Deux-Mondes*, 15 octobre 1875. — Ouvrage couronné par la Société helvétique des sciences naturelles et par l'Académie des sciences à Paris avec le prix « Thore », destiné à récompenser les meilleurs travaux sur la zoologie (parus en 1874).

Bulletin de la Société ornithologique suisse. Tomes I et II en 4 livraisons. Grand in-8°, avec planches coloriées. 1865-1868. (Le tout publié à 20 fr.) Prix réduit . . . . . 10 fr.

Contenu :

G. Lunel. Sur la Cisticola schœnicola. — Sur le bécasseau platyrhynque. — Sur le grand corbeau (Corvus corax). — *V. Fatio.* Distribution verticale des Sylviadées en Suisse. — Une colonie d'Ardea cinerea en Suisse. — Parus borealis. — L'oomètre. — Le Syrrhaptes paradoxus en Suisse. — *Steenstrupp.* Sur l'Alca impennis.

Berlepsch, H.-A. *Les Alpes.* Descriptions et récits. Edition ornée de 16 illustrations, d'après les dessins de E. Rittmeyer. Trad. autorisée. 1868. Broché, 10 fr. Demi-reliure, tranches dorées . . . . . 14 fr.

Tschudi, F. de. *Le monde des Alpes*, ou description pittoresque des montagnes de la Suisse et particulièrement des animaux qui les peuplent. Trad. autorisée, revue par O. Bourrit. 2e édition grand in-8°, ornée de superbes grav. sur bois. 1869. Broché, 15 fr. Relié, doré . . . . . 20 fr.

*** « La Bible des Alpes que chacun doit avoir chez soi. (Michelet.)

BRUN, J. *Diatomées des Alpes et du Jura* et de la région suisse et française des environs de Genève. In-8. 9 planches. 1879 . . . . . 10 fr.

CHRIST. *La Flore de la Suisse et ses origines.* 1 fort vol. grand in-8° avec 4 illustrations et 5 cartes en couleurs. 1883 . . . . . 16 fr.
Cart. toile, 18 fr.; demi-reliure . . . . . 20 fr.

*** Cet ouvrage est divisé en quatre parties : I. La région inférieure, zone de la vigne et des arbres fruitiers. — II. Région moyenne, celle des bois feuillés. — III. Région plus élevée, zone des conifères. — IV. Région alpine, la plus captivante de la flore suisse qui, pour la richesse de la floraison et l'éclat des couleurs, excite à un si haut degré l'intérêt du savant et du simple amateur.

L'auteur est naturaliste, mais, avec son talent d'artiste, il sait donner un grand attrait à ses descriptions; c'est un livre qui intéressera toutes les personnes qui aiment les Alpes et leurs fleurs.

FAUCONNET, CH. *Herborisations au Salève.* In-8°. 1867 . . . . . 4 fr.
— *Promenades botaniques aux Voirons* et supplément aux herborisations. In-8°. 1868. . . . . 2 fr.

GREMLI, A. *Flore analytique de la Suisse.* Trad. sur la 5e édition allemande par J. Vetter. In-12. 1886. Cartonné toile . . . . . 7 fr.

BOTANIQUE PRATIQUE. *Suisse et Savoie.* Choix de 319 plantes alpines dessinées d'après nature et imprimées en couleurs. 2 volumes in-18. 1885. Reliés toile . . . . . 25 fr.